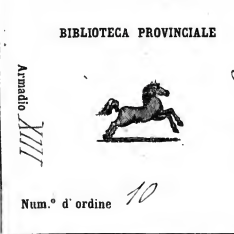
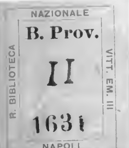
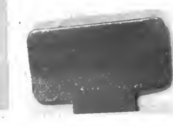



FONDO PIZZOFALCONE


BIBLIOTECA PROVINCIALE
Armadio XIII
Palchetto 6
Num.° d' ordine 10


NAZIONALE
B. Prov.
II
1631
NAPOLI
R. BIBLIOTECA
VITT. EM. III





ESSAI

SUR

L'ENSEIGNEMENT

DES

Éléments de la pratique des Levers

ET

DU NIVELLEMENT TOPOGRAPHIQUES.



ESSAI

SUR

L'ENSEIGNEMENT

DES

Éléments de la pratique des Levers

ET

DU NIVELLEMENT TOPOGRAPHIQUES.

PAR P.-A. CLERC,

LIEUTENANT-COLONEL DU GÉNIE EN RETRAITE, ANCIEN PROFESSEUR DE TOPOGRAPHIE A L'ÉCOLE POLYTECHNIQUE ET A CELLE D'APPLICATION DE L'ARTILLERIE ET DU GÉNIE.

DEUXIÈME VOLUME.



A METZ,

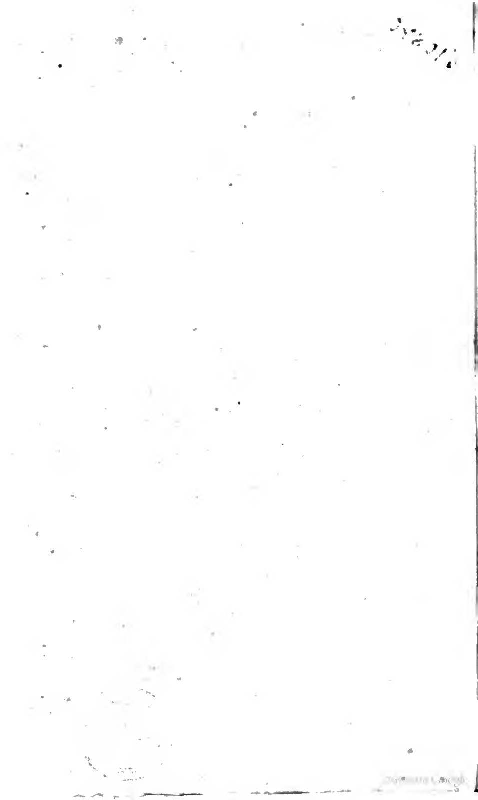
CHEZ VERRONNAIS, IMPRIMEUR-LIBRAIRE ET LITHOGRAPHE,
Rue des Jardins, n.° 14.

A PARIS,

CHEZ GAULTIER-LAGUIONIE, LIBRAIRE POUR L'ART MILITAIRE,
Rue et passage Dauphine, n.° 36.

1840.





AVANT-PROPOS.

La deuxième partie de notre cours d'éléments de topographie a pour objet d'enseigner la pratique des levers et du nivellement. Cette pratique est expliquée par le cinquième et le sixième cahier de nos Essais. Le sixième cahier est terminé par quelques observations sur les résultats que l'on peut obtenir de notre mode d'enseignement, et sur la nécessité de solliciter le concours des topographes de tous les services pour former une doctrine uniforme que l'on puisse adopter pour toutes les écoles, et à laquelle nous avons cru devoir coopérer par nos Essais.

Le septième cahier est consacré à quelques observations sur l'objet de notre cours. Nous ex-

pliquons les exercices à faire pour acquérir la pratique des éléments de l'art de décrire le terrain appliqués à tous les genres de topographie, jusqu'à celle du troisième ordre, qui conduit au coup d'œil du terrain, et par les études simultanées du terrain et des éléments de la tactique, au coup d'œil militaire.

Nous terminons le septième cahier par quelques observations sur la nécessité de confier l'exécution des levers du premier et du deuxième ordre à des agents spéciaux dirigés par les chefs des différents services auxquels ces levers doivent être utiles, et que, faute de temps, ils ne peuvent exécuter eux-mêmes, quoique cependant ils en aient suffisamment étudié les éléments pour organiser ces levers de manière à pouvoir, par le choix des meilleurs moyens d'exécution, obtenir dans le moins de temps et avec la moindre dépense possible des résultats satisfaisants des travaux topographiques qu'ils seront chargés de diriger. Cette organisation du travail devra être expliquée par les topographes qui en ont acquis l'expérience, en même temps qu'ils décriront, chacun dans sa spécialité, les applications des éléments de la pratique des levers à ceux qui s'exécutent pour les

divers services. En attendant que l'on s'occupe de ces études, nous essaierons d'expliquer dans une suite de cahiers ce que la pratique nous a appris sur les moyens qui peuvent conduire à faire immédiatement ces applications avec quelque succès.

L'expérience a suffisamment prouvé que notre mode d'enseignement conduit déjà d'une manière sûre et facile à la pratique élémentaire de l'art de décrire le terrain ainsi qu'à ses applications, et que cette instruction suffit pour mettre en état d'exécuter tous les genres de topographie, quels que soient leur variété et les divers modes d'exécution admis dans les services. Mais ce mode d'enseignement, l'avons-nous exposé dans nos Essais avec assez d'ordre et de clarté pour qu'il puisse être compris comme nous le concevons nous-même? nous l'ignorons et le désirons, sans croire pourtant être parvenu à remplir ces conditions. Notre manière de procéder par des expériences ne nous a pas permis de coordonner toutes les parties de notre travail aussi méthodiquement qu'elles devraient l'être, ni de les rédiger aussi clairement et aussi correctement que d'autres et peut-être nous-même le ferons plus tard, lorsque, moins préoccupé de la chose essentielle, nous pourrons

apporter plus d'attention à cette rédaction. Il nous importait d'abord de remplir la tâche que nous nous étions imposée : nous voulions fixer sur l'enseignement de la topographie l'attention des professeurs et des personnes qui s'intéressent à ses progrès; et pour avoir un objet de comparaison, ainsi que des motifs d'expérimenter et de faire connaître notre mode d'enseignement de la nouvelle topographie, nous avons supposé qu'il pourrait apporter quelques modifications heureuses à celui de l'ancienne, qui a peut-être encore lieu dans les écoles, et qu'il pourrait aider aux études d'un enseignement uniforme, et remplir, en attendant, la lacune qui existe dans l'instruction des topographes et des militaires qui ne sortent pas de ces écoles. C'est donc principalement à ces derniers que nous adressons notre ouvrage, parce qu'il peut leur être d'une utilité actuelle.

ESSAI

SUR

L'ENSEIGNEMENT



DES

ÉLÉMENTS DE LA PRATIQUE DES LEVERS

Et du Nivellement topographiques.

CINQUIÈME CAHIER.

DE LA PRATIQUE DU LEVER DU CANEVAS ET DES DÉTAILS DU TERRAIN.

Les éléments de la pratique des levers et du nivellement topographiques consistent dans la connaissance du mécanisme et de l'usage des instruments, dans l'adresse de la main et la justesse de l'œil pour opérer avec exactitude.

Les exercices pratiques du dessin et de la construction de l'épure topographique d'après les registres et les

dessins cotés qui sont les résultats des levers, nous ont fait connaître la théorie de ces levers, l'art de coordonner les opérations, la construction de l'épure, et enfin la pratique de ce que l'on entend par le dessin de la carte. Il nous reste à apprendre celle des instruments appliqués aux opérations du lever et du nivellement, et c'est cette pratique que nous essayons d'expliquer dans le deuxième volume de nos Essais.

Pour faciliter cet enseignement, nous l'avons divisé en deux parties. La première, qui se rapporte au lever de la projection du canevas, du contour et des arêtes des détails du terrain, est expliquée dans ce cahier, qui est le cinquième du cours; et dans le sixième, nous traitons de la deuxième partie, qui concerne le nivellement du canevas et celui du relief des détails.

Les moyens d'exécution du lever des lignes de projection du canevas, du contour et des arêtes des détails, consistent dans la mesure des lignes topographiques avec les règles, la chaîne et au pas, ainsi que dans celle des angles avec la boussole et l'équerre d'arpenteur, ou construits directement sur la planchette, ou conclus des triangles dont on mesure les trois côtés, et par ces différents moyens les lignes et les angles sont réduits à leur projection.

Pour acquérir la pratique des instruments, on les applique aux opérations des levers par des exercices sur le terrain. Les deux études simultanées du mécanisme, de l'usage des instruments, et de leur application aux opérations des levers, nous ont toujours paru difficiles pour les élèves et pénibles pour le professeur, ce qui

nous a fait essayer et adopter, d'après l'expérience, un mode d'enseignement qui facilite et simplifie ces études d'une manière remarquable. Il consiste en des exercices préparatoires, dans les salles d'étude, sur toutes les opérations des levers que l'on devra plus tard exécuter sur le terrain avec les instruments. Cette instruction est aussi complète, mais plus facile, et elle exige moins de temps que si elle était d'abord donnée avec les instruments.

Ainsi nous divisons notre enseignement en exercices préparatoires dans les salles d'étude, et en exercices purement pratiques sur le terrain. Les premiers conduisent les élèves jusqu'à la connaissance, inclusivement, du mécanisme et de l'usage des instruments; par là, les exercices à faire sur le terrain se trouvent réduits à la pratique de la mesure des lignes, et à n'être plus que la répétition des opérations que les exercices préparatoires ont fait connaître complètement dans toutes leurs parties.

Nous décrivons les instruments qui servent à la mesure des lignes et des angles pour les différents genres de topographie, et nous en expliquons l'usage par des applications au lever du canevas et des détails; nous développons les procédés suivant lesquels on exécute dans les salles d'étude le simulacre des levers et les exercices à faire pour répéter les mêmes levers sur le terrain, et cette partie du cours, qui enseigne les éléments de la pratique du lever des lignes de projection du canevas polygonal, et de celles du contour et des arêtes des détails, est achevée.

DE LA MESURE DES LIGNES POLYGONALES DU CANEVAS TOPOGRAPHIQUE.

Les lignes polygonales du canevas se mesurent, pour les levers du premier ordre, avec des règles de 4 ou 5 mètres, mais ordinairement de 4, que l'on nomme quadruples mètres. Pour les levers du deuxième ordre, cette mesure s'exécute avec la chaîne métrique de 10 ou 20 mètres; et enfin, pour les levers du troisième ordre, elle se fait au pas.

DES RÈGLES OU QUADRUPLES MÈTRES MONTÉS SUR DES PIEDS.

(Pl. I.re)

Les règles qui servent à la mesure des lignes du canevas des levers du premier ordre, telles qu'on les emploie ordinairement, étant d'une manœuvre longue et pénible, nous avons imaginé, pour nos travaux, de les faire porter par des pieds au moyen desquels on les élève à volonté et à une hauteur convenable; et comme elles se meuvent verticalement le long de ces pieds, elles peuvent facilement être amenées dans une position horizontale, ce qui rend leur manœuvre plus facile et plus prompte qu'avec le quadruple mètre simple, et surtout beaucoup moins pénible.

Les règles s'emploient comme celles qui servent à mesurer les grandes bases géodésiques, en les plaçant successivement bout à bout suivant toute la longueur de

la ligne à mesurer. Elles sont de bois de sapin de droit fil. Leur longueur de A à B (fig. 1.re) est de 4 ou 5 mètres. Elles sont divisées en mètres et décimètres, et portent à chacune de leurs extrémités des cylindres en acier : l'un vertical, comme en A ; l'autre horizontal, comme en B. Cette disposition est motivée sur ce qu'étant mis en contact, les cylindres se rencontrent en un seul point, ce qui rend ce contact plus exact. Le cylindre vertical A de chacune des règles est rendu mobile, et comme il se meut librement dans son coulisseau, on n'a pas à craindre que le choc de son contact avec le cylindre horizontal B de la première règle qui lui est opposé, déplace cette règle prise pour repère.

Les règles et leurs pieds sont réunis à angle droit par de doubles boîtes en fer C, dans lesquelles les pieds et la règle se meuvent à volonté, et se fixent ensuite au moyen des vis de pression D. C'est en faisant monter ou descendre les règles le long d'un de leurs pieds, et au moyen d'un petit niveau à bulle d'air E, que l'on parvient à les amener dans une position horizontale. Pour faciliter cette opération, on a ajusté à l'extrémité inférieure de chacun des pieds une espèce d'étrier en fer F, au moyen duquel on fixe ces pieds, dans le cas où il serait nécessaire d'élever la règle. On distingue les règles entre elles par les numéros 1 et 2.

Les règles de 5 mètres sont préférables à celles de 4, en ce qu'elles abrègent d'un cinquième le temps du mesurage, ce qu'il est important de considérer ; mais lorsqu'il s'agit de voyager avec ces règles, le transport en est plus difficile. Pour éviter cet inconvénient, nous

les avons brisées par le milieu, et les deux parties sont réunies au moyen d'une charnière G, qui permet de les ployer pour en rendre le transport plus facile, et de les redresser pour opérer. Dans ce cas, elles sont tenues fixes au moyen d'une pièce en fer H et de quatre écrous.

DE LA MANŒUVRE DE L'APPAREIL DES RÈGLES.

Soit la ligne LM (fig. 2) qu'il s'agit de mesurer. Elle sera d'abord jalonnée; et si le mesurage doit commencer au point L, on fixera vers ce point un des bouts d'un cordeau avec un piquet en fer *p*. Ce cordeau peut être de 50 ou 60 mètres; il est tendu suivant la ligne, et fixé à son bout avant par un piquet également en fer.

Pour opérer, les aides sont au nombre de quatre, deux pour chaque règle; ils sont placés à gauche, près des pieds. Le cordeau est tendu rapidement par un des aides, qui, muni d'une petite hache à tête X, enfonce le premier piquet *p* près du point de départ; il tend alors le cordeau que le chef de la manœuvre fait entrer dans la ligne, et l'ayant fixé avec le deuxième piquet, revient ensuite à son poste.

La première règle n.° 1 étant placée, ses pieds exactement contre le cordeau, son extrémité arrière A à peu près dans la verticale du point de départ L, on l'amène dans une position horizontale au moyen des pieds et du niveau. Elle est maintenue dans cette position, pendant que le chef de la manœuvre, qui est à la droite des règles, amène le cylindre mobile A, au moyen du fil à plomb, exactement dans la verticale du point L. Pour

cette opération, le plomb *a* est terminé par un cône renversé et allongé, dont le sommet est exactement dans la direction de son axe et du fil auquel il est suspendu. Ce fil est tenu sur le cylindre A, qui, comme le cylindre B, doit avoir dans son milieu, suivant son arête, une rainure *a'* dans laquelle la moitié du fil à plomb est engagée; c'est afin que l'axe du fil et celui du plomb se trouvent exactement sur l'arête du cylindre, et soient la vraie verticale que l'on fait passer par le milieu du piquet *b*, qui marque le point L du terrain. Le centre de ce piquet, de 3 ou 4 centimètres de diamètre, peut bien, à la rigueur, être estimé à vue avec assez d'exactitude; mais c'est une sujétion qui prend du temps, et que l'on évite en marquant ce milieu par un clou *a''* à tête conique, au sommet duquel on arrive directement et sans tâtonnement au moyen du coulisseau *a'''* du cylindre mobile. Le chef de la manœuvre ayant vu sur la tige du cylindre, qui est divisée en centimètres et millimètres, de combien il a allongé la règle pour l'amener dans cette verticale, écrit la quantité trouvée, qui est, par exemple, de 0,053 millimètres: les fractions de millimètre s'estiment par approximation; et il a mesuré une distance de $4^{m},053$, qu'il écrit dans le registre, composé, 1.° de la colonne des numéros des règles; 2.° de celle de leur longueur; 3.° de celle des mètres et de leurs fractions. Ainsi, dans la première colonne, on écrit le n.° 1 de la règle; dans la seconde, sa longueur de 4 ou 5 mètres, et dans la troisième, la quantité dont on a allongé la règle pour l'amener dans la verticale du point du terrain. (*Voyez le registre.*)

Pendant le temps que l'on emploie à poser la première règle pour l'amener dans la verticale du point du terrain, la deuxième est placée à la suite de celle-ci par les autres aides; la première étant alors prise pour repère, est tenue fixe et en équilibre.

La deuxième règle se place, comme la première, sur ses deux pieds, exactement contre le cordeau; elle est amenée dans une position horizontale au moyen des pieds et du niveau, son bout arrière A à une distance convenable du bout avant de la première, afin de ne pas être exposé à la toucher par un choc, ce qui, arrivant, obligerait de recommencer l'opération du placement de celle-ci.

Le chef de la manœuvre met immédiatement les deux règles en contact, après les avoir fait amener dans un même plan vertical. Il sépare les deux cylindres sans frottement, en faisant éprouver à la première règle un léger mouvement de recul dans la direction de sa longueur, et il pousse cette règle en dehors, en faisant le commandement : en arrière. Alors les deux aides amènent la règle à eux, l'enlèvent de terre en faisant un pas en arrière du pied droit, qu'ils joignent ensuite par le gauche, et après avoir rentré le cylindre mobile dans sa coulisse, ils font ensemble un demi-à-gauche, et partant du pied gauche, ils marchent parallèlement à la règle n.° 2, jusqu'à ce que le bout arrière de la leur soit à la hauteur du bout avant B de celle de repère n.° 2; alors le deuxième aide commande : halte; puis les deux aides font un demi-à-droite et un pas en avant du pied gauche, qu'ils joignent par le pied droit, et ils placent exacte-

tement les deux pieds de la règle n.° 1 contre le cordeau, ayant soin de laisser une distance convenable entre le bout arrière A et le bout avant B de la règle de repère n.° 2. La règle n.° 1 est alors mise dans une position horizontale au moyen des pieds et du niveau. Le chef de la manœuvre, après avoir enregistré la quantité dont il a allongé la règle n.° 2, qui est de $0^m,072$ millimètres, met les deux règles n.$^{os.}$ 1 et 2 en contact; il enregistre ensuite la quantité dont il a allongé celle n.° 1, que l'on suppose de $0^m,116$ millimètres, ainsi que la longueur de la règle et son numéro; mais comme la longueur de la règle est constante, on se contente de l'écrire une seule fois dans le registre, et, pour les autres, on la marque dans sa colonne par un point. Pendant le temps que le chef de la manœuvre achève cette opération, la règle n.° 2 est placée à la suite de celle n.° 1; il met alors ces deux règles en contact, et la règle n.° 1 est portée à la suite de celle n.° 2. Le chef de la manœuvre et les aides continuent en répétant les mêmes opérations suivant toute la longueur de la ligne à mesurer. On compte ensuite le nombre de règles que contient cette ligne. Ce nombre est, par exemple, de $30 + 1^m,53$. Les 30 règles, multipliées par 4, égalent 120 mètres. On ajoute $1^m,53$; on fait ensuite la somme des fractions de mètre, qui se trouve être de $2^m,51$ centimètres. La longueur de la ligne serait donc de $120^m,00 + 1^m,53 + 2^m,51 = 124^m,04$.

La ligne à mesurer comprenant rarement un nombre rond de règles, on trouvera les mètres et les parties de mètre qui excèdent, au moyen du fil à plomb suspendu

à une des arêtes supérieures de la règle, comme en Y. On amène ce fil dans la verticale du point M du terrain, et d'après les divisions de la règle, on connaît la distance du point M au point B de la règle de repère, en mètres et décimètres, et les fractions de décimètre au moyen du double décimètre, qui est divisé en millimètres.

La distance à mesurer LM (fig. 3) étant sur un terrain en pente, il peut arriver, si l'on conserve à la règle sur le point L, la hauteur AL, que son extrémité B soit à une telle distance verticale de A de la deuxième règle, qu'il devienne impossible de les mettre directement en contact. Dans ce cas, les aides abaissent la première jusqu'à A′ B′, à la hauteur de la deuxième, et leur contact est alors possible.

Si la pente est la même suivant toute la longueur de la ligne à mesurer, la règle n.° 2, prise pour repère, ne pourra pas être abaissée, ni celle n.° 1 être élevée jusqu'à elle, sans rendre la suite des opérations de plus en plus difficile; dans ce cas, la distance verticale entre B et A′ se mesure avec le fil à plomb, au moyen du cylindre mobile A′. Afin de diminuer la distance verticale entre les règles pour la suite des opérations, la règle n.° 1, en avant de la règle n.° 2, est d'abord abaissée le plus possible jusqu'à A′ B′, ce qui rapproche d'autant son extrémité B′ du terrain et de la règle n.° 2 placée en avant, qui elle-même, ainsi que toutes celles qui suivent, est également abaissée pour faciliter l'opération du mesurage. On continue de la sorte jusqu'au point M, extrémité de la ligne à mesurer.

La pente du terrain (fig. 4) peut être telle que la règle n.° 1 étant placée le plus près possible du terrain, sur L, son extrémité B soit à une hauteur que l'on ne puisse atteindre, et le pied en avant trop court pour toucher la terre; dans ce cas, on fait glisser le pied le long de la règle jusqu'à x, où il peut l'atteindre. Mais l'extrémité B étant hors de la portée de la main, on ne peut placer immédiatement le fil à plomb sur le cylindre; alors on couche la règle pour l'ajuster; on passe le fil par une des vis de la boite du pied et de la règle, et on en tient le bout pour faire monter ou descendre le plomb d'une manière convenable. La règle étant ensuite redressée, on la rend horizontale, et on effectue le contact de la règle n.° 2 avec le fil à plomb. On répète la même opération suivant la longueur de la ligne à mesurer.

En opérant avec l'appareil des règles comme nous venons de l'expliquer, il n'existe aucune cause d'erreur par rapport à celle prise pour repère, à laquelle se rapporte toute l'exactitude des opérations, parce qu'il est facile de la maintenir immobile, et qu'on peut la mettre en contact avec la deuxième règle sans éprouver un choc qui pourrait la déplacer, et parce qu'étant séparée sans frottement de celle-ci, qui devient à son tour repère, elle ne la déplace en rien par cette opération. Quant à la manœuvre des règles, elle est facile, pour peu que les aides en aient acquis l'habitude; elle est également aussi prompte que les moyens employés peuvent le permettre, en ce qu'il n'y a de temps perdu, tant pour le chef de la manœuvre que pour les aides, que celui très-court que l'on met à étendre le cordeau.

DE LA MESURE DES LIGNES TOPOGRAPHIQUES AVEC LE QUADRUPLE MÈTRE SIMPLE.

Le quadruple mètre, ou la règle simple, s'emploie dans le cas où les lignes polygonales à mesurer sont peu nombreuses, pour des levers de détails d'une petite étendue, comme celui que nous avons pris pour exemple de la construction du lever des bâtiments. Cette règle (fig. 5) est en bois de sapin de droit fil et de forme octogonale; elle est garnie à ses deux extrémités A et B par des rondelles en fer *a*, qui ont une rainure *c*, suivant leur diamètre, qui sert à placer le fil à plomb *c'*. Cette règle est divisée en mètres et décimètres, et se vérifie avec le mètre-étalon.

Pour opérer avec le quadruple mètre sur un terrain horizontal, la ligne à mesurer LM est jalonnée. Nous supposons qu'elle n'est pas marquée sur le terrain par un cordeau, ce que l'on fait cependant pour faciliter l'opération, quand on a un cordeau à sa disposition. Si nous supposons qu'on est privé de ce moyen, c'est pour avoir occasion d'expliquer la manière d'opérer lorsqu'on se trouve dans ce cas.

La manœuvre des règles simples s'exécute par deux aides, qui placent la première, son bout arrière A sur le point L de départ. Le premier aide la tient fixée sur ce point, et la fait mettre dans la ligne par le deuxième aide, qui est à son extrémité avant B. Étant ainsi placée, cette règle sert de repère pour le placement de la deuxième, que le premier aide apporte, et tient par son bout arrière A' à une petite distance du repère B, tandis

que le deuxième aide, qui est à l'autre bout B', la met dans la direction de la première, en visant le jalon qui marque le point de départ. Cette direction est vérifiée par le premier aide en visant le jalon de l'autre extrémité M de la ligne.

C'est après cette vérification qu'il met les deux règles en contact, non pas en amenant directement le bout A' de la deuxième contre le bout B de la première, mais à petits pas, en faisant éprouver un mouvement répété de quart de rotation à la deuxième, qu'il amène doucement en contact avec la première, de manière à y arriver sans choc; alors la règle A' B' est prise pour repère. On enlève ensuite la première règle AB, que le premier aide porte en avant; il reste à son extrémité A'', qu'il tient à une petite distance de B' de la règle de repère, tandis que le deuxième aide, qui s'est porté à l'extrémité B'', met la règle dans la direction de la précédente, en visant le jalon du point de départ. Le premier aide, après avoir vérifié cet alignement, met les règles en contact, et la règle A''B'' est prise pour repère; il enlève ensuite la règle A'B' et la porte en avant. Les aides répètent les mêmes opérations suivant toute la longueur de la ligne à mesurer. Le premier note le nombre des règles et celui des mètres et parties de mètre que la ligne contient. On suppose que le nombre des règles est de 30; on multiplie ce nombre par 4, et le résultat est de $120^{m},00$. Les mètres et fractions de mètre excédants étant de $4^{m},04$, la longueur de la ligne à mesurer sera donc de $120^{m},00 + 4^{m},04 = 124^{m},04$.

Si le terrain à mesurer (fig. 6) est en pente, pour

réduire cette mesure à sa projection, on sera obligé de tenir les règles dans une position horizontale, ce que l'on fait au moyen du niveau de maçon, ou du petit niveau à bulle d'air. Pour opérer, la règle AB est placée, son bout arrière A sur le point de départ L; elle est tenue dans cette position par le premier aide, qui la fait mettre dans la ligne par le deuxième; celui-ci élève en même temps son bout B pour l'amener dans une position horizontale, et le projette sur le terrain avec une fiche en fer, lorsque sa hauteur n'est que de 1 ou 2 décimètres. Si cette distance est plus grande, l'extrémité B se projette avec le fil à plomb, et se marque également avec une fiche, et ce point de projection est le repère sur lequel on place l'extrémité arrière A′ de la deuxième règle, que le premier aide maintient pendant que le deuxième aide, qui est à l'autre bout B′, amène la règle dans l'alignement de la première, en visant le jalon du point de départ L′. Il la relève en même temps pour l'amener dans une position horizontale, et il projette son extrémité B′ sur le terrain par un point qui est celui de repère, sur lequel on place l'extrémité A″ de la règle portée en avant, et maintenue par le premier aide, tandis que le deuxième, à l'autre extrémité B″, la met dans l'alignement de la précédente, la relève pour la mettre de niveau, et marque sur le terrain la projection du point B″, qui est le point de repère sur lequel on porte le bout arrière A‴ de la règle portée en avant. Les deux aides continuent les mêmes opérations suivant toute la longueur de la ligne jusqu'à son extrémité M.

Quand le premier aide a noté le nombre des règles

et celui des mètres ou des parties de mètre que contient la ligne, il multiplie les règles par 4, puis ajoute au produit le nombre de mètres et parties de mètre qui excèdent.

Si le mesurage (fig. 7) s'exécute en montant le long de la pente, en partant de M pour arriver à L, la règle AB sera placée sur la ligne à mesurer, son extrémité B sur le terrain, son extrémité A relevée pour l'amener dans une position horizontale ; elle est tenue par le premier aide dans la verticale du point M du terrain. Le deuxième aide marque l'extrémité B avec une fiche, qui est le point de repère sur lequel on place l'extrémité arrière A′ de la deuxième règle, apportée en avant par le premier aide, qui l'amène dans une position horizontale et dans la verticale du point B. Pendant ce temps, le deuxième aide la met dans la direction de la première règle, et marque son extrémité B′ sur le terrain avec une fiche, qui est le point de repère sur lequel on place la première règle A″B″ apportée en avant de la deuxième. Les aides répètent les mêmes opérations, suivant la longueur de la ligne, jusqu'au point L.

On conçoit qu'en opérant de la même manière avec les règles montées sur des pieds, on pourra, comme avec les règles simples, mesurer les distances en montant le long des pentes.

DE LA MESURE DES LIGNES TOPOGRAPHIQUES AVEC LA CHAÎNE.

La chaîne s'emploie pour les levers du deuxième ordre. Elle est préférée aux règles, parce qu'elle produit des résultats qui sont d'une exactitude relative suffisante, et que l'on opère avec une plus grande rapidité, ce qui est nécessaire pour ce genre de lever, où le temps est un élément à considérer, à cause de la promptitude avec laquelle l'habile topographe exécute celui des détails; tandis qu'il y aurait pour lui perte de temps, si le chainage ne se faisait pas avec la même célérité, ainsi que nous venons de le voir pour les mesures exécutées avec l'appareil des règles, où il y aurait évidemment du temps perdu, si la mise en contact et l'enregistrement n'étaient pas faits par le chef de la manœuvre en même temps que les aides placent ces règles sur le terrain. Dans tous les cas, par les deux moyens, des règles et de la chaîne, les opérations simultanées et méthodiques conduisent à une économie de temps remarquable, ce qu'il faut prendre en considération pour ce genre d'opérations, ainsi que pour toutes celles de même nature qui se répètent un grand nombre de fois, et pour lesquelles quelques minutes de temps gagnées sur chacune en font gagner une quantité notable sur les résultats du travail de la journée.

La longueur de la chaîne (fig. 8) est de 10 ou 20 mètres; elle est en fil de fer de 5 ou 6 millimètres de diamètre. Elle se compose de chaînons *ab* de 5 décimètres, réunis entre eux par de petits anneaux *a b c d e*.

Les mètres se distinguent par des anneaux *c* et *e* en cuivre, de même dimension que les autres *b* *d* qui sont en fer. Le milieu de la chaîne est marqué par un anneau *f* plus grand que les autres. Aux deux extrémités de la chaîne sont de grands anneaux *g* et *h*, que l'on nomme poignées. Ces poignées ne sont pas comprises dans la longueur de la chaîne, que l'on compte du milieu des petits anneaux *a* et *a'*, qui réunissent les poignées aux chaînons. Avec la chaîne, on emploie dix fiches *i* en fil de fer, du même diamètre que la chaîne; elles ont 5 décimètres de long, et sont pointues à un de leurs bouts, tandis que l'autre est ployé en anneau.

L'effort que l'on fait pour étendre la chaîne sur le terrain, finit par allonger les anneaux, et altérer par conséquent ses dimensions d'une manière sensible. On la vérifie souvent avec le mètre-étalon, et l'on tient compte, pour le mesurage des lignes, de la quantité dont elle s'est allongée.

Pour opérer avec la chaîne (fig. 9), les extrémités de la ligne LM à mesurer sont jalonnées. L'extrémité arrière A de la chaîne est placée par le premier aide sur le point de départ L. Le deuxième aide tient l'autre bout B; il la tend, et le premier aide, en visant le jalon M, la fait mettre dans la ligne par des signes qu'il fait au deuxième aide, qui d'abord a eu la précaution, en déployant la chaîne, de vérifier les anneaux pour dénouer ceux qui pourraient être noués, et redresser les chaînons qui seraient courbés. Après cette vérification, la chaîne étant tendue, il plante une fiche à son extrémité B, qui marque une longueur de 10 ou 20 mètres.

Il est quelquefois difficile de planter la fiche, par exemple, sur les chemins, sur les roches, etc. (fig. 10); alors le point qu'elle doit indiquer est marqué par deux traits qui se coupent, et tracés avec la pointe de la fiche, que l'on couche ensuite à terre, son anneau sur ce point, comme en *a* ou en *b*. Pour ne pas entrainer la fiche avec la chaine, les aides, avant de marcher en avant, font un pas de côté L*c* pour s'éloigner de la ligne, et le premier aide, arrivé en *d* à la hauteur de la fiche *a*, porte l'extrémité arrière de la chaîne sur le point qu'elle marque; alors le deuxième aide tend la chaine, et la met dans la ligne en visant le jalon du point de départ L. Le premier aide vérifie cet alignement en visant le jalon qui fixe l'extrémité M de la ligne, ce qui rend l'opération beaucoup plus prompte que si, comme on a l'habitude de le faire, la chaine était mise dans la ligne sous la direction seule du premier aide, par les signes qu'il fait au second pour exécuter cette opération. La chaine étant tendue et dans l'alignement, le deuxième aide plante une fiche à son extrémité; le premier prend celle laissée en arrière. Les deux aides font alors un pas de côté et marchent ensemble en avant; le premier s'arrête en *e* et marche à la fiche *b*; le deuxième tend la chaine, la met dans la ligne en visant le jalon du point de départ L, et plante une fiche. Le premier aide enlève la fiche laissée en arrière; et les deux aides ensemble marchent en avant (fig. 9), et répètent les mêmes opérations suivant toute l'étendue de la ligne, jusqu'au point M qui fixe son extrémité. On compte le nombre de chaines qu'elle contient par le nombre de fiches que le premier aide a dans

les mains, et qui ont été plantées par le deuxième aide. Comme le nombre de ces fiches est de 10, on a mesuré une distance de 100 mètres, lorsque le premier aide les a toutes entre les mains. Si la ligne à mesurer se prolonge, le premier aide remet les dix fiches au deuxième; il note cette première centaine, que l'on nomme une portée, pour continuer ensuite le mesurage de la ligne jusqu'au point qui fixe son étendue. Les fractions de mètre qui terminent le mesurage, et qui ne sont pas marquées sur la chaine, sont mesurées avec le double décimètre, dont le premier aide doit toujours être pourvu.

Si le terrain à mesurer est en pente (fig. 11), le deuxième aide élève l'extrémité B de la chaine pour l'amener dans une position sensiblement horizontale. Il la tend, et dans la verticale de B, il marque avec une fiche sur le terrain un point sur lequel on place l'extrémité A' de la chaine portée en avant. Le deuxième aide la met dans la ligne, la relève, la tend, et projette son extrémité B' sur le terrain avec une fiche. Si celle-ci est trop courte, elle fait fonction de fil à plomb, et étant abandonnée à son propre poids, marque le point de projection de B'. Les aides répètent la même opération suivant toute la longueur de la ligne jusqu'à M.

Pour faciliter la manœuvre de la chaine et la rendre moins pénible, on peut donner à chaque aide un bâton de la longueur d'un mètre (fig. 12), garni à un de ses bouts d'une pointe en fer *a*. Il est traversé à un ou deux décimètres de ce bout par une cheville *c* de bois ou de fer. Ce bâton, passé dans les poignées de la chaine, les tient au-dessus de terre, et étant enfoncé, il sert de

levier pour tendre la chaîne sans effort, et avec moins de fatigue que privé de ce moyen, qui nous semble bon, que les anciens topographes recommandent, et dont cependant on n'a pas fait usage de notre temps.

L'habitude du mesurage des lignes topographiques avec les règles et la chaîne étant acquise, les résultats comparés font connaître le degré d'exactitude auquel on peut atteindre par ces deux moyens, et juger, d'après l'expérience, celui qui peut convenir pour les différentes applications que l'on devra en faire.

On trouvera, par exemple, qu'en opérant avec les règles par une assez prompte manœuvre, les mesures répétées sur une ligne de 100 mètres donneront, nous supposons, des résultats qui différeront entre eux, en plus ou en moins, d'un centimètre. Les mesures répétées avec la chaîne par des aides qui en ont acquis la pratique, diffèrent entre elles, par exemple, de 5 ou 6 centimètres en plus ou en moins.

Les résultats obtenus par le mesurage exécuté avec les règles, appliqué aux constructions graphiques d'après une des échelles en usage, d'une grandeur quelconque, seront, dans tous les cas, d'une exactitude qui excédera celle qui est rigoureusement nécessaire, parce que, quelle que soit la grandeur de cette échelle, celle même où le mètre est représenté par un centimètre, l'erreur d'un centimètre représenté sur l'épure par un dixième de millimètre serait inappréciable. Les résultats des mesures exécutées avec les règles sont donc d'une exactitude plus que suffisante pour tous les genres de constructions de l'épure topographique.

La mesure des lignes topographiques avec la chaine s'applique seulement aux levers du deuxième ordre, qui se construisent d'après des échelles qui sont avec le terrain dans les rapports de $\frac{1}{5,000}$, de $\frac{1}{10,000}$, de $\frac{1}{20,000}$; et ces échelles seraient même dans des rapports plus rapprochés, tels que l'échelle de $\frac{1}{1,000}$, par laquelle le mètre est représenté par un millimètre, que l'erreur d'un décimètre ou d'un dixième de millimètre ne serait pas appréciable. Les résultats des mesures exécutées avec la chaine, pour les levers du deuxième ordre, sont donc d'une exactitude plus grande que ne l'exige la construction des épures d'après la plus grande échelle que l'on emploie pour ce genre de levers, et par conséquent d'après les échelles plus petites, où le millimètre représente 5, 10 ou 20 mètres.

DE LA MESURE DES LIGNES TOPOGRAPHIQUES AU PAS.

Le troisième moyen que l'usage a fait adopter pour la mesure des lignes topographiques, est le pas. Il s'emploie pour les levers du troisième ordre et celui des reconnaissances militaires.

La pratique de la mesure des distances au pas s'acquiert par des exercices répétés sur le terrain, par exemple, sur une ligne de 100 mètres, divisée par des piquets en parties égales de 10 mètres, que l'on parcourt successivement au pas ordinaire, à celui que l'on peut soutenir le plus long-temps avec le moins de fatigue. Ces exercices conduisent à connaître le rapport du pas avec le mètre, et à le rectifier pour arriver à un nombre

rond de mètres, en parcourant la ligne, jusqu'à ce que l'on soit parvenu à les faire égaux pour chacune de ses divisions. Le rapport entre le pas et le mètre que l'expérience nous a fait connaître comme le plus facile à trouver, quelle que soit la taille de l'élève, est celui de 12 pas pour 10 mètres, parce que l'élève de haute taille a contracté l'habitude de diminuer la longueur de son pas, pour marcher avec celui de petite taille, qui lui-même a pris l'habitude d'allonger le sien pour marcher avec le premier; d'où il résulte que le pas ordinaire de l'un et de l'autre est sensiblement de même étendue; et qu'ils ont une égale facilité à le régler de manière à parvenir, par des exercices répétés, à un nombre rond de pas pour un nombre rond de mètres, et dans le rapport qu'ils jugent le plus convenable pour eux, surtout, nous le répétons, celui qui les fatiguera le moins. Que ce rapport soit, par exemple, de 11 à 10 pour les élèves de haute taille, et de 12 à 10 pour ceux de petite taille. Nous doutons que le pas d'un mètre puisse être admis comme pas ordinaire, sans devenir par trop fatigant pour celui qui l'emploiera. C'est une considération importante à laquelle il faut avoir égard dans les applications que l'on aura à faire de ce moyen de mesurage aux levers militaires, pour lesquels l'officier doit marcher assez rapidement pendant la journée entière, depuis le commencement du jour jusqu'à la nuit, ce qu'un pas trop allongé rendrait pénible, et impossible à soutenir pendant plusieurs jours. La longueur du pas ordinaire doit donc être étudiée avec le plus grand soin, afin que, l'habitude en étant acquise, il puisse se faire sans plus

d'effort que celui de la promenade, et que l'officier, après avoir marché dès la pointe du jour jusqu'à la nuit (ce qui est la tâche imposée aux officiers chargés des levers militaires), ne s'aperçoive qu'il est fatigué qu'au moment où il peut prendre du repos, et qu'après s'être reposé, il puisse chaque jour continuer son travail sans plus de fatigue que le premier.

Supposons, ce qui est exagéré, que l'erreur commise sur une distance de 100 mètres soit, en plus ou en moins, d'un pas ou d'un mètre. Cette erreur ne sera pas appréciable pour les constructions graphiques exécutées d'après la plus grande échelle des levers du troisième ordre, qui est, dans ses rapports avec le terrain, comme 1 est à 5, ou d'un millimètre pour 5 mètres. Elle serait, sur l'épure, d'un cinquième de millimètre, ce qui est à peu près le diamètre du point formé par la pointe du compas. Elle sera, par conséquent, bien moins appréciable pour les échelles que l'on emploie plus ordinairement, comme celles de $\frac{1}{10,000}$, de $\frac{1}{20,000}$, etc. Donc les mesures exécutées au pas sont d'une exactitude plus que suffisante pour les levers du troisième ordre et ceux des reconnaissances militaires.

Les pas se comptent un à un, deux à deux et quatre à quatre. La première manière est pénible, la deuxième l'est moins, et la troisième nous semble celle qu'il convient d'adopter.

Si l'on compte les pas un à un, on énonce leur nombre suivant l'ordre naturel: 1, 2, 3..... 40, 50, 100 pas simples, etc. Pour compter les pas deux à deux, on part du pied gauche, et on ne compte que lorsque le

pied droit est posé à terre, en suivant l'ordre des nombres 1, 2, 3.... 25... 50 doubles pas, ou 100 pas simples, etc. Si enfin on compte les pas par quatre, ce ne sera, en partant du pied gauche, qu'après avoir posé deux fois le pied droit à terre que l'on compte 1, 2, 3.... 25 quadruples pas, ou 100 pas simples. Pour ne pas trop fatiguer l'attention, on ne compte que jusqu'à 25 quadruples pas pour avoir les centaines de pas simples, et pour chacune de ces centaines, on passe une petite pierre de la main gauche dans la droite, et le nombre de ces pierres rappelle celui des centaines de pas. La mesure de la ligne étant achevée, on convertit les pas en mètres, d'après le rapport adopté du pas avec le mètre. Pour le rapport de 11 pas à 10 mètres, dont la différence est d'un dixième, on retranche un dixième de la somme des pas, et on connaîtra celle des mètres. Pour le rapport de 12 à 10, dont la différence est d'un cinquième, on réduit la distance en mètres, en retranchant un cinquième de la somme des pas. Par exemple, 110 pas représenteront $100^{m},00$ pour le premier rapport, et 120 pas représenteront également $100^{m},00$ pour le deuxième rapport. L'habitude de compter les pas par quatre, qui semble d'abord exiger beaucoup d'attention, s'acquiert très-facilement et en peu de temps, lorsqu'on est parvenu à faire des pas égaux, et de la longueur convenable pour être dans un rapport connu avec la longueur du mètre.

DU LEVER AU MÈTRE.

Les éléments du lever au mètre consistent dans la

mesure de lignes disposées de manière à produire les données nécessaires pour construire des figures semblables à celles du terrain. Ces éléments s'appliquent au lever d'un canevas de peu d'étendue et à celui des détails, et la pratique consiste dans l'exécution des levers d'après les méthodes du cheminement, des intersections et des recoupements.

LEVER AU MÈTRE D'UN POLYGONE D'APRÈS LA MÉTHODE DU CHEMINEMENT.

(Pl. II.)

Qu'il s'agisse de lever au mètre le polygone ABCD et E (fig. 1.re). On sera muni, pour ce lever, des instruments nécessaires, qui sont : le quadruple mètre, le double mètre, le mètre simple, un double décimètre, le niveau de maçon ou un petit niveau à bulle d'air, un fil à plomb, des fiches en fer et des jalons.

Les sommets du polygone sont jalonnés. On mesure avec le quadruple mètre le côté AB en réduisant sa longueur à sa projection au moyen du niveau, et on construit ce côté sur la feuille d'épure d'après la mesure de sa longueur prise sur l'échelle adoptée pour la construction du lever. Les côtés BC, CD, DE se mesurent comme le premier, et se construisent sur la feuille d'épure au moyen de triangles dont on mesure les trois côtés, qui ont chacun un angle égal à chacun de ceux des sommets du polygone.

Soit, par exemple (fig. 2), le triangle *b* B *b'* dont le sommet serait en B. Ce triangle se composerait en prenant sa base sur BA, premier côté du polygone; elle serait B*b*. Son deuxième côté serait pris sur le côté BC,

à partir de B jusqu'à b'. Ces deux côtés étant mesurés, on mesurerait le troisième bb', et on aurait les données nécessaires pour construire le triangle. L'angle bBb' serait égal à l'angle ABC; le côté Bb' prolongé serait la projection du côté BC du polygone, et le point C qui détermine la longueur de ce côté, serait projeté sur l'épure d'après la mesure de sa longueur prise sur l'échelle.

Mais on suppose que le côté bb', à cause de la nature des détails, ne puisse être mesuré : ce sont des murs, des faces de bâtiments ou une haie qui font obstacle; dans ce cas, le triangle est impossible. On en compose un autre $b'Bb''$, qui a pour base Bb'' prise dans le prolongement du côté AB du polygone; le deuxième côté serait Bb' pris sur le côté BC du polygone, et le troisième serait $b'b''$.

Nous supposons que les détails du terrain s'opposent à la mesure du côté Bb'' de ce deuxième triangle. Alors on en composerait un troisième bBb'''; sa base serait bB; son deuxième côté, Bb''' pris sur le prolongement du côté CB du polygone; son troisième côté serait bb''', et le côté Bb''' prolongé serait la projection de BC.

Nous supposons encore que la nature des détails du terrain empêche de mesurer le côté bb''' de ce troisième triangle, et qu'un quatrième triangle $b''Bb'''$ soit aussi impossible que les trois autres, parce qu'on ne pourra pas prolonger le côté AB du polygone jusqu'à b'', ni mesurer le côté $b''b'''$. D'après nos suppositions, la construction de l'angle du sommet B du polygone ne peut être levée au mètre. Il faudra recourir à un autre

procédé pour relever cet angle. Ce serait avec la boussole ou avec la planchette. Mais l'on n'a ni l'un ni l'autre de ces instruments à sa disposition; on opère alors comme avec la planchette.

Cette opération consiste (fig. 3) à placer la feuille d'épure à terre, le point du sommet B sur son correspondant du terrain, et la projection Bb sur le côté BA, en visant le jalon qui signale le sommet A. Cette direction est vérifiée par le topographe avec le fil à plomb, au moyen duquel il établit un plan vertical ac, dont la trace passe par les points B et A, en même temps que par les points B et b de l'épure. La feuille d'épure étant ainsi disposée sur le terrain et tenue fixée par un aide, le topographe établit avec le fil à plomb un deuxième plan vertical de, dont la trace passe par les sommets B et C. Cette trace se trouve aussi sur la feuille d'épure, où il la fait marquer par un point b', qu'il joint ensuite à B par une droite qui est la projection du deuxième côté BC du polygone, lequel fait avec bB un angle bBb', égal à l'angle ABC du terrain.

Si l'on suppose (fig. 1.re) la possibilité de construire sur le sommet B les quatre triangles dont on n'a besoin que d'un seul, on choisit celui dont les trois angles sont les moins inégaux. On préférera, par exemple, les triangles b'Bb'', bBb''' aux triangles bBb', b''Bb''', dont les angles diffèrent davantage entre eux que ceux des premiers.

Les opérations du lever au mètre seront d'autant plus exactes que les côtés des triangles auront une plus

grande étendue, parce que les erreurs commises dans leurs mesures écarteront d'autant plus de leur vraie position les côtés du polygone en projection sur l'épure, que ces côtés auront une plus grande longueur. Pour diminuer ce déplacement, les côtés des triangles doivent donc être de la plus grande étendue possible, et leurs mesures exécutées avec toute l'exactitude que permet ce genre d'opérations.

On suppose que, pour le triangle qui doit servir à construire l'angle du sommet B, on ait fait le choix de celui dont la base est sur le prolongement du côté AB du polygone. Ce prolongement a été pris avec le fil à plomb au-delà de la longueur que l'on se propose de donner à cette base, par exemple, jusqu'à x, et ce point est marqué sur le terrain avec un jalon.

La base du triangle, pour convenir à la longueur des côtés du polygone, peut être de 4, de 8, de 12 ou de 24 mètres. Supposons que la longueur adoptée pour cette base, et pour le deuxième côté Bb' du triangle pris sur le côté BC du polygone, soit de $24^{m},00$ pour des côtés de polygone de 60 ou de 80 mètres.

La mesure de la base du triangle et de son deuxième côté est toujours d'un nombre rond de mètres. Ainsi la base Bb'' et le deuxième côté Bb' peuvent être de même longueur, et, suivant la figure, de $24^{m},00$. On mesure le troisième côté $b'b''$, que l'on suppose être de $23^{m},00$, et on a les données nécessaires pour construire le triangle $b'Bb''$. Le côté Bb' prolongé est la projection sur l'épure du côté BC du polygone, dont on détermine la longueur par le point C d'après la mesure

prise sur le terrain, que l'on a trouvée être de $60^{m},00$, et l'angle intérieur bBb' projeté est égal à celui du sommet B du polygone du terrain, qu'il s'agissait de relever et de construire.

Le triangle à construire sur le sommet C du polygone, et qui forme les meilleurs angles, est celui dont la base Cc est prise sur le côté CB du polygone, et le deuxième Cc' sur le côté CD. Le troisième côté cc' étant mesuré comme les deux premiers, on a les données nécessaires pour construire le triangle. Le côté cc' prolongé devient alors la projection du troisième côté CD du polygone, dont la longueur est déterminée par le point D, d'après sa mesure qui s'est trouvée de $70^{m},00$, et l'angle BCD est égal à son correspondant du terrain.

L'angle du sommet D du polygone est trop obtus pour que l'on puisse, sur ce sommet, construire le triangle dDd', afin d'en conclure l'angle de ce sommet avec assez d'exactitude, parce que les angles de ce triangle sont mauvais. Dans ce cas, l'angle du sommet D est divisé en deux parties sensiblement égales par une droite Dx; sur cette droite et sur les côtés DC et DE, on construit deux triangles dDx et $d'Dx$, qui ont de bons angles. La base du premier triangle y est prise sur le côté DC du polygone; son deuxième côté sur Dx, et son troisième côté sur xd. La base du deuxième triangle z est prise sur Dx, son deuxième côté sur DE, et le troisième sera $d'x$. Il résulte de la construction de ces triangles que la somme des angles dDx et $d'Dx$ est égale à l'angle du sommet D, et que Dd' prolongé est la projection du côté DE du polygone,

dont la longueur est déterminée sur l'épure d'après la mesure prise sur l'échelle.

Le triangle à construire sur le sommet E a pour base Ee prise sur le côté ED du polygone; son deuxième côté est Ee' pris sur le côté EA, et son troisième côté est ce'. Le côté Ee' du triangle prolongé est la projection du côté EA du polygone, lequel, par construction, doit passer exactement par le point de projection du sommet A, et sa longueur EA, prise sur l'échelle, doit être, sur l'épure, égale à celle qui a été mesurée sur le terrain.

Comme moyen de vérification, on construit sur le sommet A un triangle dont la base Aa est prise sur AE du polygone, le deuxième côté a'A sur AB; le troisième côté est aa'. Si l'on a bien opéré, l'angle EAB conclu du triangle sera exactement égal à celui qui aura été conclu des premières opérations, et le lever au mètre du polygone d'après la méthode du cheminement sera achevé et construit sur la feuille d'épure.

Le lever au mètre par le cheminement se vérifie sur des points isolés quelconques, observés des sommets du polygone d'où ils peuvent être visibles. Soit, par exemple, le point O que l'on observe du sommet A. La ligne d'observation est fixée de position, par rapport au côté AB du polygone, par le triangle a'Aa''. Le côté Aa'' prolongé est la projection du rayon d'observation qui passe par le point O.

On répète la même opération sur tous les sommets du polygone. Sur le sommet B on construit le triangle bBb^{iv}, et le côté Bb^{iv} prolongé passe par le point O, qui, avec l'indéfinie A, déterminent ce point par leur

intersection. On observe le même point du sommet C, sur lequel on construit le triangle *cCc″*; son côté *Cc″* prolongé passe par le point O. Sur le sommet D on construit le triangle *dDd″*, dont le côté *Dd″* prolongé passe par le même point. Enfin sur le sommet E on construit le triangle *eEe″*, dont le côté *Ee″* prolongé passe également par le même point O. On aura bien opéré pour la mesure des côtés des triangles et pour celle des côtés du polygone, si, par construction, les rayons d'observation passent tous exactement par le point O.

LEVER AU MÈTRE D'UN POLYGONE PAR LA MÉTHODE DES INTERSECTIONS.

Le lever au mètre d'un polygone par la méthode des intersections consiste à répéter sur deux de ses sommets les mêmes opérations que l'on vient d'exécuter pour relever le point isolé O des sommets du polygone levé par le cheminement.

Pour opérer, le côté AB (fig. 4) aura été mesuré, sa projection tracée sur la feuille d'épure, et ses extrémités A et B déterminées d'après la mesure du côté prise sur l'échelle.

Du sommet A on observe les sommets C, D et E, considérés comme points isolés. On observe les mêmes points du sommet B, autre extrémité de sa base, et les rayons d'observation se coupent en des points qui sont la projection des sommets du polygone.

Ayant observé C du sommet A, on construit le

triangle aAa', et le côté Aa' prolongé passe par le point C. On observe D, on construit le triangle aAa'', et le côté Aa'' prolongé passe par le point D. On observe E, on construit le triangle aAa''', et le côté Aa''' prolongé passe par le sommet E.

Du sommet B ayant observé C, on construit le triangle bBb'; son côté Bb' prolongé coupe l'indéfinie AC en un point qui est la projection du sommet C, que l'on aura ainsi déterminé par intersection, et en répétant la même opération, on fixe la position des autres sommets: celui de D par la construction du triangle bBb'', en prolongeant le côté Bb''; le sommet E par le triangle bBb''', en prolongeant son côté Bb'''.

Si l'on joint B à C, C à D et E à A, on aura levé au mètre et construit par la méthode des intersections un polygone qui, si l'on a bien opéré, sera semblable à celui du terrain.

Les opérations des levers par intersection sont toujours vérifiées au moins par une troisième observation sur les points déterminés par les deux premières. Soit cette observation faite d'un point F pris sur le milieu du côté AB du polygone, qui est la base de ces opérations. Sur ce point on construit le triangle fFf'; son côté Ff' prolongé passe par le sommet C; puis un autre triangle fFf'', également prolongé, passe par le sommet D; enfin le triangle $f'Ff'''$, dont le côté Ff''' prolongé passe par le sommet E. Si, par construction, ces derniers rayons d'observation passent exactement par les points déterminés par les premiers, on aura bien opéré, et le polygone sera semblable à celui du terrain.

LEVER AU MÈTRE D'UN POLYGONE PAR LA MÉTHODE DES RECOUPEMENTS.

Le côté AB du polygone (fig. 5) étant mesuré et projeté sur la feuille d'épure, l'angle B se construit au moyen du triangle $Bb'b$, dont on a mesuré les trois côtés. Le côté Bb' de ce triangle prolongé passe par le sommet C du polygone. Il est prolongé par une indéfinie Bx, sur laquelle se trouve le sommet C, dont on ne peut immédiatement déterminer la position sur l'épure, parce qu'on suppose qu'il a été impossible de mesurer sa distance au sommet B.

Du sommet C on observe le sommet A; la position du rayon d'observation se détermine sur le terrain au moyen du triangle $Cc'c$, et on a les données nécessaires pour projeter sur l'épure un triangle CAB semblable à celui du terrain. Cette opération consiste, comme on le sait, à construire le triangle cCc' sur un point quelconque x de l'indéfinie Bx de l'épure. Ce triangle sera $x'x''x$; son côté xx'' prolongé vers y ne passera pas par le point A, mais il sera parallèle à la ligne qui doit passer par ce point et le sommet C. Si l'on amène la ligne xy parallèlement à elle-même sur le point A projeté sur l'épure, elle passera aussi par le point C qu'il s'agit de déterminer, et ce point se trouvera à l'intersection de cette dernière ligne avec l'indéfinie Bx du côté BC du polygone, qui sera alors déterminé de longueur, sans qu'il ait été nécessaire d'en faire directement la mesure sur le terrain. On aura ainsi

levé et construit le point C par la méthode des recoupements, et le triangle ACB sera semblable à celui du terrain. Par des opérations analogues, on levera et on construira les sommets d'un polygone d'un nombre quelconque de côtés d'après la mesure d'un seul de ses côtés.

Par exemple, l'angle du sommet C se construit d'après le triangle $Cc''c$ mesuré sur le terrain; son côté Cc'' prolongé passe par le point D, dont on détermine la position sur l'épure par le recoupement au moyen du triangle $dd'D$; son côté Dd' prolongé passe par A. Ce triangle, construit sur l'indéfinie Cx', est $x''x'''x'$, et son côté $x'x'''$ prolongé passe par y'; il est amené à passer par le sommet A, et il détermine par recoupement le sommet D.

L'angle du sommet D se construit d'après deux triangles $dd''D$ et $d''d'''D$, mesurés sur le terrain. Le côté Dd''' du deuxième triangle passe par le sommet E, et on détermine la position de ce sommet sur l'épure par le recoupement au moyen du triangle $Ee'e$, qui, étant construit sur l'indéfinie Dx'', est $x^{v}x^{v}x''$, dont le côté $x''x^{v}$, prolongé jusqu'à y'', est amené à passer par le sommet A, et détermine par le recoupement le sommet E.

Les opérations du recoupement se vérifient en observant des points sur lesquels on stationne, et dont on vient de déterminer la position, d'autres points déjà projetés sur l'épure.

Par exemple, du sommet D on a observé le sommet A. De la même station on observe le sommet B, et le rayon d'observation se projette au moyen du triangle

dd'D. Le côté D*d*' prolongé passe par le point B, et le sommet D se trouve déterminé par les quatre rayons d'observation CD, DE, DA et DB.

Du sommet E on a observé A; de la même station on observe B et C. Le rayon d'observation sur B se construit au moyen du triangle *ee''*E; son côté E*e''* prolongé passe par B. Le rayon d'observation sur C se construit au moyen du triangle E*e'''e*; son côté E*e'''* prolongé passe par C. Si, par construction, les rayons d'observation passent exactement par les points déterminés par les premières opérations, on aura bien opéré.

Connaissant trois points projetés sur l'épure et signalés sur le terrain, tels que A, B et C, on pourra, par les opérations du recoupement, relever un point isolé, en dedans ou en dehors du polygone, comme en O. Stationnant sur ce point, on observe les sommets A, B et C, et les rayons d'observation sont fixés de position par les triangles O*oo'* et O*o''o'*. Les angles AOB et BOC ne peuvent être immédiatement construits sur l'épure, parce qu'il faudrait connaître la position d'un de leurs côtés par rapport aux côtés AB et BC du polygone; ce qui, d'après la position des points isolés, ne peut avoir lieu. Dans ce cas, les angles sont construits sur un papier transparent que l'on place sur l'épure de manière que leurs trois côtés passent en même temps par leurs points respectifs A, B et C. Dans cette position, le sommet O, commun à ces angles, piqué sur l'épure, est la projection du point isolé O.

Pour vérifier cette opération, on observe les sommets D et E. Les rayons d'observation sont construits d'après

les triangles $o''Oo'''$ et oOo^{v}, dont les côtés Oo''' et Oo^{v} prolongés passent par les sommets D et E. Si les rayons d'observation passent exactement par ces points, le point isolé O aura été bien déterminé, ainsi que ceux des sommets du polygone.

DE L'ÉQUERRE D'ARPENTEUR.

L'équerre d'arpenteur s'emploie pour élever ou pour abaisser des perpendiculaires sur une ligne donnée, pour déterminer les ordonnées et les coordonnées des points des détails du terrain par lesquels on fait le tracé de la projection de leurs contours et de leurs arêtes. La position de ces lignes se détermine au moyen de l'équerre, et elles se construisent sur l'épure d'après la mesure de leur longueur et celle de leurs abscisses; et comme on peut multiplier à volonté les points que déterminent les perpendiculaires, ces points satisfont à toutes les conditions du lever des détails, soit que la projection de leurs lignes de contour et celle de leurs arêtes soient des droites ou des courbes.

L'équerre (fig. 6) se compose de deux règles AB et CD réunies par leur milieu O, fixées par un clou à un bâton P, et faisant entre elles quatre angles droits.

Soit LM la base sur laquelle il s'agit d'élever une perpendiculaire d'un point donné F. Pour opérer, le pied de l'instrument sera placé sur ce point; il sera vertical, et le plan des deux règles horizontal. Alors la règle AB est dirigée vers le jalon tenu verticalement sur L; on fait placer un autre jalon en E, dans la direc-

tion de la règle CD, et la droite qui joindra F à E, si l'instrument fait bien exactement des angles droits, sera, sur le terrain, la trace d'une perpendiculaire.

Pour vérifier l'instrument, on amène, par un mouvement de rotation, la règle AB à la place de CD en *ab*; la règle CD sera à la place de AB en *cd*; la règle *ab*, dans sa nouvelle position, passera par le point E, déterminé par la première opération, et l'instrument sera reconnu exact.

Dans le cas où, par l'imperfection de l'instrument, les angles seraient inégaux : par exemple, que l'angle D'FA soit plus grand que l'angle D'FB; la règle AB étant sur LM, le rayon d'observation dirigé suivant C'D' passera par E'. Pour connaître de combien ce rayon s'écarte de celui de la perpendiculaire E, on exécute la vérification en amenant, par un mouvement de rotation, la règle C'D' à la place de BA; la règle AB sera alors en A'B'; le rayon d'observation suivant A'B' passera par E'', écarté de E d'une quantité égale à EE'; et l'angle E''FL, plus petit que l'angle droit, sera égal à E'FM. Les compléments de chacun de ces angles seront : E'E et E''E. On mesure la distance de E' à E'', que l'on divise sur le terrain en deux parties égales, pour fixer la position du point E que l'on fait signaler par un jalon. La règle AB étant exactement sur LM, on fait mouvoir sur celle-ci la règle C'D' jusqu'à ce qu'elle se trouve dans la direction de FE, et l'instrument sera rectifié; les angles EFL et EFM seront égaux et par conséquent droits, et la ligne FE sera perpendiculaire à LM.

Pour abaisser une perpendiculaire du point E sur la ligne LM du terrain (fig. 7), on a tendu un cordeau qui en marque la trace, et pour faciliter l'opération, on place la règle quadruple mètre AB le long de ce cordeau, dans une position telle que le pied de la perpendiculaire se trouve sur cette règle. Si l'on n'a pas un cordeau à sa disposition, on place également le quadruple mètre sur la ligne de base, au moyen d'un point x voisin de celui qui sera le pied de la perpendiculaire. Le topographe étant en L, et regardant M, fait mettre le point x dans la ligne par un aide qui le marque avec un jalon; plaçant ensuite la règle sur ce point, et regardant L, il l'amène dans l'alignement de xL.

La règle étant en dehors comme en A'B', on peut la placer sur la ligne au moyen d'un tâtonnement. Pour cela, elle est portée par ses deux bouts A' et B'. L'aide qui est au bout A' fait marcher celui qui est au bout B' pour entrer dans la direction de L, en même temps que B' fait marcher A' pour entrer dans la direction de M, et ainsi successivement, jusqu'à ce que la règle soit tout entière sur la ligne.

La règle étant dans une position convenable, on fait la recherche du point F, pied de la perpendiculaire qui doit être abaissée du point E. Pour cette opération, le pied de l'instrument est d'abord placé verticalement sur le point quelconque x', une de ces règles étant dans la direction de x'M. Le rayon d'observation dirigé suivant l'autre règle passera par le point E', éloigné de E d'une quantité E'E, que l'on estime approximativement sur la règle quadruple mètre. On déplace l'instru-

ment pour porter son pied sur le point que l'on a jugé être celui de la perpendiculaire, mais qui, par erreur, se trouve être x''. Une des règles est mise dans la direction de x''M, et l'autre donne un rayon d'observation qui passe par E'', distant de E de la quantité E''E. On répète les mêmes essais jusqu'à ce que l'on soit parvenu à placer le pied de l'instrument sur le point F de la perpendiculaire, qu'il fallait abaisser du point E sur LM.

Les équerres adoptées par l'usage pour les travaux topographiques sont de formes et de constructions variées. C'est une grande équerre en bois (fig. 8); ou un cercle en cuivre (fig. 9) divisé par deux diamètres qui se coupent à angles droits; ou un cylindre également en cuivre (fig. 10), avec des ouvertures par lesquelles on observe suivant des directions perpendiculaires entre elles; ou, enfin, un instrument à réflexion qui détermine, comme les autres, des angles droits. De tous ces instruments qui produisent les mêmes résultats, nous n'avons à considérer, pour nos études pratiques, que la grande équerre en bois et l'équerre cylindrique, parce que la pratique de ces instruments une fois acquise, on connaît aussi celle de toutes les autres équerres pour opérer avec la même facilité qu'avec celles-ci.

DE LA GRANDE ÉQUERRE EN BOIS.

L'équerre en bois (fig. 8) s'emploie avec avantage pour relever les points de détails du terrain que l'on rapporte aux lignes polygonales du canevas, et qui sont assez généralement peu éloignés de ces lignes.

L'équerre en bois a des côtés CA et AB de 8 décimètres; ils sont maintenus par une traverse D. Pour opérer avec cette équerre, un de ses côtés (fig. 11), par exemple AB, est placé à terre contre le quadruple mètre. Si l'on veut élever une perpendiculaire, son sommet A est sur le point donné F. Pour réduire l'angle à sa projection, un des côtés de l'équerre est amené dans une position horizontale au moyen d'un petit niveau à bulle d'air *n*; suivant l'autre côté, et avec le fil à plomb *p*, on établit un plan vertical dont la trace est perpendiculaire à LM; l'extrémité E de cette trace est marquée sur le terrain avec un jalon. Pour vérifier l'instrument, on amène le côté AB sur A*b* en le faisant tourner sur le côté AC; et si la trace du plan vertical établi par le fil à plomb passe, comme pour la première opération, par le point E, l'instrument sera reconnu exact.

S'il s'agit d'abaisser du point E (fig. 12) une perpendiculaire sur LM, un des côtés de l'équerre est placé sur la règle, l'angle A sur un point *a*. Le rayon d'observation, établi avec le fil à plomb suivant le côté AC, passera d'abord par E', et pour parvenir à la perpendiculaire EF, on fait glisser l'équerre le long de la règle, en la suivant avec le fil à plomb jusqu'à ce que la trace du plan vertical qu'il établit passe par le point E; elle se trouvera aussi sur la ligne de base, et le pied F de la perpendiculaire sera à l'intersection de la trace du plan avec cette base.

La grande équerre en bois (fig. 8) avec laquelle nous venons d'opérer, ne permet aucun moyen de vérifica-

tion, et il est difficile d'amener et de maintenir, pendant l'opération, une de ses branches dans une position horizontale. Pour pouvoir vérifier cette équerre, et gagner du temps en amenant directement un de ses côtés dans cette position, nous avions imaginé pour nos travaux une équerre d'une construction particulière, et qui remplissait ces conditions. Cette équerre (fig. 13) a ses deux branches AB et AC mobiles sur la charnière A; elles peuvent donc être amenées à former exactement un angle droit. Elles sont maintenues dans cette position par une règle en fer *ab*, qui tourne librement sur AC au point *b*; elle est fixée d'une manière immuable sur AB, au moyen d'une vis à écrou *a*, après qu'on a formé l'angle en allongeant ou en raccourcissant *ab* suivant une ouverture *aa'* pratiquée dans la règle.

Une des branches de l'équerre, soit AB, est amenée dans une position horizontale par une règle *cd* ajustée sous cette branche; elle se meut sur une charnière en C. Après l'avoir placée sur le terrain contre le quadruple mètre, on élève la branche AB jusqu'à ce que le petit niveau à bulle d'air *e* marque qu'elle est dans l'horizontale; elle est fixée dans cette position par une espèce d'anneau allongé *fg*, qui est tenu et tourne librement sur *cd* au point *f*. Cet anneau est fixé sur AB par une vis à écrou *h*, au moyen de laquelle on fixe cette branche AB d'une manière immuable, lorsqu'elle a été amenée dans l'horizontale.

L'équerre ainsi construite facilite les opérations et les rend plus promptes. Elle présente de plus l'avantage de réunir toutes ses parties pour la transporter, lorsque

les opérations sont achevées. Alors la règle *ab* est dégagée en *a* de son écrou, et amenée sur CA ; la branche AB est jointe à AC ; l'anneau *fg*, également dégagé de son écrou, est couché sur *fc*, et *cd* est joint à AB.

DE L'ÉQUERRE-CERCLE.

Cette équerre (fig. 9), qui se compose d'un cercle en cuivre, est portée sur un bâton ferré E au moyen d'une douille F. Le cercle est divisé par deux diamètres AB et CD, qui se coupent à angles droits, et aux extrémités desquels sont des pinnules perpendiculaires au plan de l'instrument. Une des deux pinnules qui se correspondent est fendue par le bas et ouverte par le haut ; l'autre est fendue par le haut et ouverte par le bas. Les ouvertures sont traversées dans la direction des fentes par un fil de soie. Pour observer, la fente est l'oculaire, et l'ouverture l'objectif.

On vérifie et on opère avec l'équerre en cuivre comme avec l'équerre élémentaire en bois. Elle ne se distingue de cette dernière que parce que, étant horizontale, on peut, au moyen de l'élévation des pinnules, observer des points qui seraient plus hauts ou plus bas que le plan de l'instrument, ce qui ne peut se faire avec la première. Aucune des équerres en cuivre exécutées jusqu'à présent n'est susceptible de rectification ; elles pourraient cependant l'être, en rendant deux de leurs pinnules mobiles.

DE L'ÉQUERRE CYLINDRIQUE.

L'équerre cylindrique (fig. 10) se compose d'un cylindre en cuivre de 5 ou 6 centimètres de diamètre, et de 7 ou 8 de hauteur. Elle a quatre ouvertures d'un millimètre de largeur, pratiquées suivant la trace de deux plans perpendiculaires entre eux, qui passeraient par son axe E. L'une des ouvertures qui se correspondent est prise pour l'oculaire, et l'autre pour l'objectif. Le cylindre est ouvert par le haut, et fermé à sa base par une pièce en cuivre sur laquelle est vissée la douille F, que l'on place sur le bâton ferré G qui porte l'instrument. L'équerre-cylindre se vérifie comme les précédentes par le retournement.

Pour opérer, comme avec les autres équerres, son pied est placé contre le quadruple mètre dans une position verticale, ce que l'on exécute en tenant ce pied élevé à une petite distance du terrain, afin que, par son propre poids, il prenne la direction de la verticale. On le laisse ensuite glisser dans la main pour toucher le terrain, et on le tient en équilibre dans cette position, en formant avec le premier doigt et le pouce un anneau qui, sans le presser, fait sentir par le tact s'il s'est écarté de la verticale dans laquelle on l'a d'abord amené.

Par les ouvertures de l'équerre, on observe une des extrémités de la base, ainsi que la direction à donner à la perpendiculaire que l'on se propose d'élever du point sur lequel on stationne. L'exactitude de ces opé-

rations dépend de la fixité de l'instrument, qu'il est difficile de conserver, à cause du mouvement que l'on est obligé de faire pour passer de l'une à l'autre des deux observations, si, comme nous venons de le dire, on ne tient pas assez légèrement le pied de l'instrument dans le cercle formé par les doigts, pour qu'on puisse tourner autour de ce pied sans lui imprimer un mouvement de rotation. On diminuera le mouvement à faire pour observer successivement la ligne de base et celle de la perpendiculaire, si, au lieu de se placer, pour chacune d'elles, directement suivant les rayons d'observation, on se place perpendiculairement au milieu d'une ligne qui joindrait les deux oculaires *a* et *b*.

Pour abaisser d'un point pris hors de la base une perpendiculaire sur cette base, on fait la recherche de son pied par le tâtonnement, comme avec les autres équerres.

DES OPÉRATIONS DU LEVER A L'ÉQUERRE D'ARPENTEUR.

Les élémnts du lever à l'équerre d'arpenteur consistent à élever ou à abaisser des perpendiculaires sur des lignes données. Ces éléments s'appliquent au lever du canevas et des détails du terrain, suivant trois méthodes que nous allons expliquer par le lever d'un polygone.

PREMIÈRE MÉTHODE.

La première méthode, comme nous l'avons vu pour la construction de l'épure de ce genre de lever, con-

siste à prendre pour base des abscisses un des côtés du polygone. De ses sommets on abaisse des perpendiculaires sur cette base. On mesure les distances respectives entre leurs pieds, ainsi que leur longueur, et on a les données nécessaires pour construire le polygone.

Soit, par exemple (fig. 14), le polygone ABCD et E qu'il s'agit de lever par la première méthode. Le côté AB sera mesuré; ses extrémités ainsi que les autres sommets seront signalés par des jalons, et le côté AB construit sur la feuille d'épure. On fera la recherche, sur le terrain, du point a, pied de la perpendiculaire qui doit passer par le sommet E; le point a est pris sur le prolongement de la base. On mesure la distance de a à A, de même que la longueur de la perpendiculaire aE, que l'on construit sur l'épure d'après ces données, et le sommet E est projeté. On répète les mêmes opérations pour la recherche du point b, pied de la perpendiculaire du sommet D, et du point c pris sur le prolongement de AB, et qui est le pied de la perpendiculaire de C; on mesure les distances de A à b, de b à B et de B à c, ainsi que les perpendiculaires bD et cC; après avoir construit ces lignes, on joint B à C, C à D, D à E et E à A, et on a levé et construit un polygone qui, si l'on a bien opéré, sera semblable à celui du terrain.

DEUXIÈME MÉTHODE.

Pour opérer d'après la deuxième méthode (fig. 15), la base des abscisses est prise dans l'intérieur du polygone, et s'appuie sur deux de ses sommets; cette ligne est me-

surée et construite sur la feuille d'épure. On fait sur cette ligne la recherche des points *a*, *b* et *c*, pieds des perpendiculaires qui passent par les sommets EB et D. On mesure les distances A*a*, *ab*, *bc* et *c*C, ainsi que la longueur des perpendiculaires *a*E, *b*B et *c*D; on construit ces lignes; puis on joint A à B, B à C, C à D, D à E et E à A, et on aura ainsi levé et construit un polygone semblable à celui du terrain.

TROISIÈME MÉTHODE.

Les sommets A, B, C, D et E (fig. 16), levés par la troisième méthode, se rapportent à deux bases d'abscisses LM et MN prises en dehors du polygone. Ces bases sont mesurées et construites sur la feuille d'épure d'après la mesure de l'angle qu'elles font entre elles, et qui est, suivant les localités, le plus approchant possible de l'angle droit. S'il est droit, il s'observe avec l'équerre; s'il est plus grand ou plus petit qu'un droit, il se construit d'après le triangle Mxx', dont on a mesuré les trois côtés.

Pour relever les sommets du polygone, on fait, sur les deux lignes de base, la recherche du pied des perpendiculaires sur lesquelles ils doivent se trouver; et ces perpendiculaires, par construction, se rencontrent en des points qui sont les projections de ces sommets, ainsi relevés par la méthode des intersections.

Opérant avec l'équerre sur la base LM, on fait la recherche des points *a*, *b*, *c*, *d*, *e*, pieds des perpendiculaires qui passent par les sommets E, A, D, B et C; sur la base MN, celle des points *f*, *g*, *h*, *i*, *k*,

pieds des perpendiculaires qui passent par les mêmes sommets A, B, E, C et D. On mesure les distances *La*, *ab*, *bc*, *cd*, *de* et *eM*; *Mf*, *fg*, *gh*, *hi*, *ik* et *k*N; on construit ensuite les perpendiculaires qui déterminent la projection des sommets du polygone que l'on joint par des droites, et on aura ainsi levé et construit l'épure d'un polygone semblable à celui du terrain. On pourra vérifier les résultats du lever en opérant sur une troisième base NO, comme sur les deux premières.

DU LEVER DES DÉTAILS DU TERRAIN QUI SE DÉCRIVENT PAR LA PROJECTION DE LEURS CONTOURS ET DE LEURS ARÊTES.

Le lever des détails du terrain est une application des levers au mètre et à l'équerre d'arpenteur, comme nous l'avons vu par les exercices sur la construction de son épure. Ce lever se rapporte aux lignes polygonales du canevas; il détermine les points par lesquels sont tracées les lignes de contour et d'arête des détails qui peuvent être décrites par ces dernières. Ceux de ces détails dont on ne connaît pas les génératrices, et que l'on décrit par les sections horizontales, ont pour élément principal de leur lever les opérations du nivellement. Nous expliquerons ce lever lorsque nous nous occuperons du nivellement.

On sait que les lignes polygonales du canevas circonscrivent jusqu'aux moindres masses des détails du terrain; que le lever de ces détails consiste à opérer successivement sur chacune de ces lignes en particulier par

des moyens d'exécution semblables, et qui sont, pour les différents genres de topographie, la mesure des lignes avec le quadruple mètre, la chaîne ou au pas; à élever ou à abaisser des perpendiculaires avec l'équerre ou à vue, à construire des triangles dont on a mesuré les trois côtés; enfin, par les points que déterminent ces opérations, à faire sur l'épure le tracé des droites et des courbes qui sont la projection du contour et des arêtes des détails.

Les exercices sur la construction de l'épure du lever des détails ont fait connaître l'ordre à établir dans la suite des opérations, et les exercices sur la pratique du lever au mètre et à l'équerre d'arpenteur les moyens d'exécution; il ne reste plus à apprendre que l'application de ces moyens à tous les genres de topographie.

ÉLÉMENTS DES APPLICATIONS DU LEVER AU MÈTRE ET A L'ÉQUERRE D'ARPENTEUR AU LEVER DES DÉTAILS DU TERRAIN.

(Pl. III.)

Soit le côté AB (fig. 2) du polygone ABCD et E (fig. 1.re), disposé sur le terrain d'une manière convenable pour le lever des détails. Ses extrémités sont signalées par des jalons; un cordeau en marque la trace, et cette ligne est portée sur la feuille du dessin coté; elle est assez grande pour figurer les détails, et pour écrire facilement les mesures prises sur le terrain.

On place le quadruple mètre contre le cordeau; on fait la recherche des pieds des perpendiculaires qui doi-

vent être abaissées des points de détails ; on opère avec l'équerre cylindrique, et on répète les mêmes opérations avec la grande équerre en bois : c'est pour apprendre à se servir de ces deux instruments.

Qu'il s'agisse, par exemple, de la recherche des points a' et a, pieds des perpendiculaires qui passent par les points de détails a'' et a'''. On remarque que le point a'', pris à l'angle d'un bâtiment $b'''a''$, peut être relevé par la mesure de sa distance à un point a^{v} déterminé sur la face de ce bâtiment par la perpendiculaire $a'''a$, ce qui fait gagner le temps que l'on emploierait pour la recherche de la perpendiculaire $a'a''$.

La recherche du point a et des autres pieds des perpendiculaires se fait avec l'équerre cylindrique par le tâtonnement ; ensuite avec la grande équerre en bois, qui conduit directement sur ces points. Les opérations faites avec cette dernière équerre sont plus faciles et plus promptes que celles faites avec l'équerre cylindrique. Pour abréger le temps que l'on doit employer en opérant avec celle-ci, on la place sur la base en un point a^{v} que l'on juge être peu éloigné de celui que l'on cherche ; on établit la direction de la perpendiculaire, qui rencontre la face du bâtiment en a^{n} ; on mesure la distance de a^{n} à a''', on porte cette distance sur la base à partir de a^{v}, et elle détermine la position du point a, pied de la perpendiculaire qui doit passer par a'''.

On fait la recherche du pied des perpendiculaires b, c, d, e, et sur ces perpendiculaires on détermine les points b', b'', b''' et b^{v}; c' et c''; d' et d''; e' et e''.

On mesure les distances entre ces points, et on les écrit sur le dessin coté. Le point b^{v} se détermine d'après la mesure de sa distance à b'', prise sur le prolongement de $c''b''$; le point c''' se détermine d'après la mesure de sa distance à c' prise sur $c'e'$, et on gagne le temps que l'on emploierait pour la recherche de la perpendiculaire $c'''c^{v}$; le point d''' se détermine d'après la mesure de sa distance à d'', prise sur le prolongement de $b^{iv}d''$; le point e''' se détermine d'après la mesure de sa distance à e'', prise sur le prolongement de $d'e''$.

On joint les points ainsi relevés, et figurés sur le dessin coté, par des lignes qui sont la projection du contour des détails que l'on a pu rapporter au côté AB du polygone. Les droites qui joignent a''' à b' ; b' à b^{v}, b^{v} à c'', c'' à c''' et c''' à e', ces lignes prises à la gauche de AB sont la projection de faces de bâtiments ; et à la droite de AB, les lignes qui joignent a'' à b''', b''' à b^{v}, b^{iv} à d''', d''' à d' et d' à e''', sont, comme les premières, la projection de faces de bâtiments. Et le dessin coté comprend les données nécessaires pour exécuter la construction des détails sur la feuille d'épure.

Le lever des détails qui se rapportent aux côtés BC, CD, DE et EA du polygone, s'exécute par les mêmes procédés que ceux employés pour le lever des détails qui se rapportent au côté AB. Pour opérer sur le côté BC (fig. 3), ses extrémités sont signalées par des jalons, et sa trace marquée par un cordeau ; on fait la recherche des pieds des perpendiculaires a, b, c, d, e, f, g, h, i et k, et on détermine sur ces lignes les points des détails a', b', c', d', e', f' et f'', g' et g'', h', i', k' et k''.

On mesure les distances entre les pieds des perpendiculaires et entre les points des détails pris sur ces lignes, et ces mesures sont écrites sur le dessin coté. A la gauche de BC, les droites qui joignent e' à c' et c' à d' sont la projection de faces de bâtiments. Du milieu des droites qui joignent d' à e' et e' à f', on élève des perpendiculaires qui se coupent en un point o, centre d'une tour dont on décrit la circonférence, qui passe par les points d', e' et f'. Les droites qui joignent f'' à g'', g'' à g''', g''' à i', et i' à k'', sont la projection de faces de bâtiments. A la droite de BC, les lignes qui joignent a' à b', b' à h' et h' à k' sont aussi la projection de faces de bâtiments, et le dessin coté comprend les données nécessaires pour construire sur la feuille d'épure la projection des détails que l'on a pu rapporter au côté BC du polygone.

Le lever des détails qui se rapportent au côté CD (fig. 4) s'exécute par la recherche des pieds des perpendiculaires a, b, c, d, e et f, sur lesquelles on détermine les points a', b' et b'', c' et c'', d', e', f' et f''. Le point b''' est déterminé d'après la mesure de sa distance à b', prise sur $c'b'$; le point c''' est déterminé par la mesure de sa distance à c', prise sur $b'c'$; le point f''' est déterminé d'après la mesure de sa distance à f''. Les distances entre les pieds des perpendiculaires et entre les points portés sur ces lignes sont mesurées et écrites sur le dessin coté. A la gauche de CD, les droites qui joignent k'' à b'', b'' à b''', b''' à c''', c''' à c'', sont la projection de faces de bâtiments; celle qui joint c'' à d' est la projection de la face d'un mur de clôture, dans lequel on a pratiqué

une porte $d'x$. La droite qui joint d' à f' est la face d'un bâtiment. A la droite de CD, les lignes qui joignent a' à e' et e' à f''' sont la projection de faces de bâtiments.

Sur le côté DE (fig. 5), et des points D et E, on élève les perpendiculaires Da, Ee et Ee'. Le point a' se détermine d'après la mesure de sa distance à a, et e'' par la mesure de sa distance à e'. On mesure les perpendiculaires, et cette mesure est écrite sur le dessin coté, et les droites qui joignent f' à e et a' à e'' sont la projection de faces de bâtiments.

Les perpendiculaires a, b, c, d, e, f, A (fig. 6), abaissées sur la ligne EA du polygone, déterminent les points de détails a', b' et b'', d', e' et f'; le point b''' est déterminé par la mesure de sa distance à b'. Les distances entre les pieds des perpendiculaires et la longueur de ces lignes sont mesurées et écrites sur le dessin coté. La droite qui joint e à b'' est la projection d'une face de bâtiment; celles qui joignent b'' à b''', b''' à e' et e' à a''', sont la projection de la face d'un mur de clôture jusqu'à e'', et celles de faces de bâtiments de e'' à a'''. Le point e'' est déterminé par la mesure de sa distance à e'. Sur la face $b''b'''$ du mur de clôture se trouve une porte que l'on construit d'après les mesures prises de ses dimensions. A la droite de EA, les lignes qui joignent a' à c, c à d', d' à f', sont la projection de faces de bâtiments; et le dessin, coté comme celui des détails rapportés aux autres côtés du polygone, présente les données nécessaires pour construire ces détails sur la feuille d'épure.

DES LIGNES COMPLÉMENTAIRES DU CANEVAS.

Les lignes polygonales du canevas, comme nous venons de le voir, ne peuvent servir qu'au lever du contour extérieur des détails du terrain qu'elles circonscrivent. D'autres lignes qui s'appuient sur ces dernières, composent de nouvelles traverses, nécessaires pour le lever du contour des détails intérieurs. Elles sont, par exemple (fig. 7), la ligne a fixée de position par les sommets n.° 2 et n.° 4; la ligne b par le sommet n.° 4 et le point x, pris sur le côté n.ºs 2 et 3; le point x est déterminé par la mesure de sa distance au sommet n.° 3. La ligne c est fixée de position par les points x' et x'', pris sur les côtés n.ºs 1 et 2, et n.ºs 3 et 4; le point x' est déterminé par la mesure de sa distance au sommet n.° 3, et le point x'' par la mesure de sa distance au sommet n.° 2. La ligne d est fixée de position au moyen du triangle $yy''y'$, dont on mesure les trois côtés; le point y est déterminé d'après la mesure de sa distance au sommet n.° 4. Le point e, pris sur la ligne d, est déterminé par la mesure de sa distance à y. Le point f est fixé de position par la mesure de sa distance aux deux sommets n.ºs 5 et 6. Le point g est fixé de position par deux droites menées par ce point et par les sommets n.ºs 3 et 5; ces lignes sont prolongées jusqu'aux points z et z', pris sur les côtés n.ºs 6 et 1, et n.ºs 1 et 2; le point z est déterminé par la mesure de sa distance au sommet n.° 6, et le point z' par la mesure de sa distance au sommet n.° 1, et les droites z n.° 3 et z' n.° 5 déterminent la projection du point g par intersection.

APPLICATION DES LIGNES COMPLÉMENTAIRES AU LEVER DES DÉTAILS DU TERRAIN.

Les lignes complémentaires s'appliquent au lever des détails du terrain, après avoir parcouru et reconnu les passages qui peuvent conduire à ces détails, et en avoir fait le figuré sur le dessin coté.

Les détails qui se rapportent au côté AB du polygone (fig. 2) sont ceux de quatre propriétés, F, G, H et I, dans lesquelles on peut pénétrer par des allées qui traversent les bâtiments et conduisent dans les cours et les jardins.

Le lever de la propriété F s'achève en faisant celui de la propriété G. Pour exécuter ce dernier, on s'introduit dans le bâtiment par une allée l, dans laquelle on fait passer la ligne complémentaire, que l'on prolonge jusqu'à l' et l'' contre le mur de clôture du jardin; cette ligne est fixée de position par rapport à $b''c''$ au moyen d'un triangle lxc'' dont on mesure les côtés; on mesure les distances de l à l' et de l' à l'', ainsi que la distance du point l à c'', et ces mesures sont écrites sur le dessin coté.

Sur $l'l''$ prise pour base, on compose le triangle $l'l'''l''$, et sur $l''l'''$, un autre triangle $l''l^{iv}l'''$; le côté $l'''l'$ est prolongé jusqu'à l^{v}; le côté $l^{iv}l''$ est prolongé jusqu'à l^{vi}; on joint l^{v} à l^{vi} par une droite qui est la projection de la face intérieure du mur de clôture du jardin, et d'après la mesure prise de son épaisseur, on fait le tracé



de sa face extérieure x et l^{iii}. Les mesures prises sont écrites sur le dessin coté.

La droite qui joint l^{iii} à l^{v} est la projection de la face d'un bâtiment. Cette ligne est prolongée, et doit passer par le point b', déterminé par les premières opérations. Le point l^{iii} est joint à e' par une ligne qui est la projection de la quatrième face du bâtiment F.

La droite qui joint l^{v} à l''' est la projection de la face d'un bâtiment; celle qui joint l''' à l^{v}, prolongée jusqu'à x, est la projection d'une autre face de bâtiment, et le lever des propriétés F et G est ainsi achevé.

La ligne complémentaire du lever de la propriété H passe par une allée m. Elle est prolongée jusqu'à m', m'' et m''', et fixée de position au moyen d'un triangle $mx'x$, dont on mesure les trois côtés, ainsi que les distances de m à m', de m' à m'', et de m'' à m'''. Le point x est déterminé par la mesure de sa distance à c''', et le point m par la mesure de sa distance à x. Sur $m'm''$ prise pour base, on compose le triangle $m'ym''$; sur $m''y$, un autre triangle $yy'm''$. Le côté $y'm''$ est prolongé jusqu'à y'', et ym' jusqu'à y'''. La droite qui joint y à y''' est la projection de la face d'un bâtiment; celle qui joint y''' à y'', prolongée jusqu'à la face extérieure du mur, est la projection de la face d'un autre bâtiment. La droite qui joint y'' à y' est la projection de la face intérieure du mur qui sépare la cour du jardin, dans lequel est une porte; le tracé de la face extérieure du mur s'exécute d'après la mesure de son épaisseur. La droite qui joint y' à y est la projection de la face d'un bâtiment. Sur $m''m'''$ prise pour base, on compose le

triangle $m''zm'''$; sur $m''z$, un autre triangle $m'''z'z$. Le côté zm'' est prolongé jusqu'à z'', et $z'm'''$ jusqu'à z'''. La droite qui joint z'' à z''', prolongée jusqu'à z^{v}, est la projection de la face d'un mur de clôture. La droite qui joint z'' à z est, jusqu'à y', la projection de la face d'un bâtiment ; de y' à y'', la projection de la face extérieure d'un mur de clôture ; de x à x' l'ouverture de la porte, et de y'' à z, la projection d'une face de bâtiment. La droite qui joint z à z', prolongée jusqu'à x', est la projection d'une face de bâtiment ; celle qui joint x' à x, une autre face de bâtiment ; enfin la droite qui joint x' à z^{iv} est la projection de la face extérieure du mur de clôture. On écrit les mesures prises sur le dessin coté, et le lever de la propriété H est achevé.

La propriété I se compose de deux corps de bâtiment. L'entrée du premier, qui communique à la cour, est à gauche, en n, et celle du deuxième, qui communique au jardin, est au milieu de sa façade, en o. La ligne complémentaire n est prolongée jusqu'à n' et n'' contre la face du deuxième corps de bâtiment. Cette ligne est fixée de position par le triangle $nx'x$, dont les côtés sont mesurés, ainsi que les distances entre n et n', et n' et n''. On compose sur $n'n''$ un triangle $n'n'''n''$; sur $n''n'''$, un deuxième triangle $n''n^{iv}n'''$; on mesure les côtés de ces triangles. Le côté $n'''n'$ est prolongé jusqu'à n^{v}, et $n^{iv}n''$ jusqu'à n^{vi}. Les distances de n' à n^{v} et de n'' à n^{vi} sont mesurées.

Les droites qui joignent n^{v} à n^{vi}, n^{vi} à n^{iv}, n^{iv} à n''', et n''' à n^{v}, sont la projection des faces de bâtiment qui forment le pourtour de la cour.

La ligne complémentaire o est prolongée en arrière jusqu'à o' contre la face de bâtiment $n'''n^{v}$, et en avant jusqu'à o'' et o''' contre le mur du jardin. Cette ligne est fixée de position au moyen du triangle $on'''o'$, dont les côtés sont mesurés, ainsi que les distances de o à o'' et de o'' à o'''. On compose sur $o''o'''$ un triangle $o''o^{iv}o'''$, puis un deuxième $o'''o^{v}o^{iv}$; on mesure les côtés de ces triangles. Le côté $o^{iv}o''$ est prolongé jusqu'à x, et $o^{v}o'''$ jusqu'à x'; on mesure la distance de o'' à x et de o''' à x'; le point x'' se construit par intersection d'après la mesure de xx'' et de $x'x''$. La droite qui joint o^{v} à x' est la projection de la face intérieure du mur de clôture; la face extérieure $x'''x^{iv}$ se trace d'après la mesure de son épaisseur. Les droites qui joignent x' à x'', x'' à x, x à o^{iv}, sont la projection de faces de bâtiments; et celle qui joint o^{iv} à o^{v}, la projection de la face intérieure du mur de clôture; son autre face a été tracée d'après le lever de la propriété H. Le lever de la propriété I est achevé, ainsi que le complément de toutes celles qui se rapportent à la ligne polygonale AB.

Le complément du lever des détails qui se rapportent à la ligne polygonale BC (fig. 3) est celui des propriétés K et L. La ligne complémentaire pour le lever de la propriété K passe par l'entrée o; elle se prolonge jusqu'à o' et o''; elle est fixée de position par un triangle oxd' dont on mesure les côtés, ainsi que les distances de o à o' et de o' à o''. Sur $o'o''$ on compose le triangle $o'o'''o''$, et sur $o'''o''$ un deuxième triangle $o''o^{iv}o'''$; les côtés $o'''o'$ et $o^{iv}o''$ sont prolongés jusqu'à o^{v} et o^{vi}; on écrit sur le dessin coté les mesures prises, et les droites

qui joignent o''' à o^{v}, o^{v} à o^{vi}, o^{vi} à o^{iv}, et o^{iv} à o''', sont les lignes de projection des faces de bâtiments qui forment le pourtour de la cour.

Pour le lever de la propriété L, le passage par lequel on peut pénétrer, pour l'exécuter, est sur la face de bâtiment $g''g'''$, au point p. La ligne complémentaire dirigée par ce passage est prolongée jusqu'à p' et p''; elle est fixée de position par le triangle pxg'''. Sur $p'p''$ pris pour base, on compose le triangle $p'p'''p''$, et sur $p'p'''$ un autre triangle $p'p^{iv}p'''$. Le côté $p^{iv}p'$ est prolongé jusqu'à p^{v}, et $p'''p''$ jusqu'à p^{vi}, et les droites qui joignent p^{v} à p^{vi}, p^{vi} à p''', p''' à p^{iv}, et p^{iv} à p^{v}, sont les lignes de projection des faces de bâtiment qui forment le pourtour de la cour.

Une tour engagée dans le corps de bâtiment, et qui n'a pu être levée extérieurement, se lève en opérant, dans son intérieur, sur une ligne complémentaire dirigée par la porte p^{v} et x, prolongée jusqu'à x'. Cette ligne est fixée de position par le triangle $p^{v}yp^{vi}$. Sur xx' on construit un triangle $xx''x'$; du milieu des côtés xx'' et $x'x''$, on élève des perpendiculaires qui se rencontrent au point o, centre de la tour, duquel on décrit sa circonférence intérieure passant par les points $xx''x'$; on mesure l'épaisseur du mur, et d'après cette mesure, on décrit sa circonférence extérieure.

On ne peut arriver au jardin L'' qu'en traversant l'intérieur du corps de bâtiment L'. On établit par un passage q une ligne complémentaire que l'on prolonge jusqu'à q'; elle est fixée de position par le triangle qzp^{iv}. Du point q' on élève une perpendiculaire que l'on pro-

longe jusqu'à q'' et q''' contre le mur du jardin. Sur q'' q''' on compose le triangle $q''q^{iv}q'''$; sur le côté $q^{iv}q'''$ un autre triangle $q'''q^{v}q^{iv}$; les côtés $q^{iv}q''$ et $q^{v}q'''$ sont prolongés jusqu'à q^{vi} et q^{vii}. Les droites qui joignent q^{vii} à q^{vi}, q^{vi} à q^{iv}, et q^{iv} à q^{v}, sont les lignes de projection de faces de bâtiments, et la droite qui joint q^{v} à q^{vii} est la projection de la face intérieure du mur de clôture, dont la face extérieure xx' se projette d'après la mesure de l'épaisseur du mur. Le point x' est joint à x^{iv} par une droite qui est la projection de la quatrième face du bâtiment de la propriété K, dont le lever se trouve terminé par le tracé de cette ligne; et les mesures prises sur le terrain et écrites sur le dessin coté présenteront les données nécessaires pour construire sur la feuille d'épure les détails qu'il a été possible de rapporter au côté BC du polygone et à ses lignes complémentaires.

Sur la face intérieure $c^{iv}d''$ du mur de clôture rapporté au côté CD du polygone (fig. 4), on compose un triangle $c^{iv}c^{v}d''$; le côté $c^{iv}c^{v}$ est la ligne de projection d'une des faces du bâtiment L''' ; c^{v} est joint à x par une droite qui est la ligne de projection de la quatrième face du bâtiment L.

Le complément du lever des détails de la propriété M (fig. 5), qui se rapportent à la ligne polygonale DE, s'exécute sur trois perpendiculaires b, c et d. Celle de b est prolongée jusqu'à b', b'' et b'''; celle de c jusqu'à c', c'', c''' et y; celle de d jusqu'à d', d'' et d'''.

Sur $b''b'''$ de la perpendiculaire b, on compose le triangle $b''xb'''$; sur $b'''x$ un autre triangle $xx'b'''$. Le côté xb'' est prolongé jusqu'à x'', et $x'b'''$ jusqu'à x'''.

Les droites qui joignent x à x'', x'' à x''', x''' à x', et x' à x, sont les lignes de projection des faces de bâtiments qui forment le pourtour de la cour.

Sur la ligne $f'e$ de la façade du bâtiment M, et du point c', on mesure, à droite, la distance de c' à x et de x à x'; à gauche, la distance de c' à x'' et de x'' à x'''. Les droites xx' et $x''x'''$ sont les lignes de projection de deux corps de bâtiment, et xx'' l'ouverture d'une porte. Les faces xz et $x''z''$ sont égales à $c'c''$. La droite passant par c'' et zz'', prolongée à droite et à gauche jusqu'à z' et z''', est, jusqu'à z et z'', la projection de l'ouverture de la porte; de z à z' et de z'' à z''', celle de la troisième face des deux bâtiments, et les droites qui joignent z' à x' et z''' à x''', leur quatrième face.

Sur $c''c'''$ on compose le triangle $c''z'''c'''$, et sur $z'''c'''$ un autre triangle $c'''c^{iv}z'''$; le côté $c^{iv}c'''$ est prolongé jusqu'à c^{v}, et les droites qui joignent z' à c^{v}, c^{v} à c^{iv}, et c^{iv} à z''', sont les lignes de projection des faces de bâtiments qui, avec $z'''z''$ et zz', forment le pourtour de la cour.

Une droite que l'on mène à droite et à gauche par le point y et les points b^{v} et d'' est la ligne de projection de la deuxième grande façade du bâtiment M. Sur $d''d'''$ de la perpendiculaire d, on compose le triangle $d''zd'''$, et sur $d'''z$ un deuxième triangle $d'''z'z$; les côtés zd'' et $z'd'''$ sont prolongés jusqu'à z'' et z''', et les droites qui joignent z à z'', z'' à z''', z''' à z', et z' à z, sont les lignes de projection des faces de bâtiments qui forment le pourtour de la cour. Les mesures prises sur

le terrain étant écrites sur le dessin coté, le lever du corps de bâtiment M est achevé.

Les dépendances de la propriété M se composent des corps de bâtiment M', M'', M''', d'une cour et d'un jardin. Le lever de ces détails se rapporte en partie à la perpendiculaire c, prolongée jusqu'à y', contre le mur du jardin de la propriété I. On mesure la distance de y à y', et si cette distance se trouve être la même que celle déjà portée sur la feuille d'épure, ce sera une preuve que l'on aura bien opéré jusque-là.

Pour le lever des détails qui se trouvent à droite et à gauche de la ligne complémentaire yy', on détermine sur cette ligne les points a, b, c et d, qui sont les pieds des perpendiculaires abaissées des points des détails a' et a'', b' et b''; c', d' et d''. Le point a est joint à c' par une droite qui est la ligne de projection de la face extérieure du mur de clôture de la cour, dans lequel est une porte, que l'on construit d'après la mesure de sa distance à c' et celle de sa largeur; la face intérieure de ce mur se projette d'après la mesure de son épaisseur. La droite qui joint c' à d' est prolongée jusqu'au mur du jardin de la propriété I; elle est, jusqu'à d', la ligne de projection d'une des faces du bâtiment M', et jusqu'au mur du jardin, celle de la face extérieure d'un mur de clôture dans lequel est une porte, que l'on construit d'après la mesure de sa distance à d' et de sa largeur.

A gauche de yy', la droite menée par a'', b'', d'', est prolongée jusqu'à z' et z''; elle est, jusqu'à b'', la ligne de projection d'une plate-bande du jardin; de b'' à z, la largeur d'une allée; de z à z', la projection d'une

autre plate-bande, et de z' à z'', l'espace compris entre la plate-bande et une plantation d'arbres ; le côté intérieur des plates-bandes se projette d'après la mesure de leur largeur.

La ligne $c'e$ prise dans la cour est déterminée de position au moyen du triangle $c'c''b'$. Le côté $c'c''$ est prolongé jusqu'à e, à l'angle du bâtiment M'', par une droite qui est, de c' à e', la ligne de projection de la deuxième face du bâtiment M', et de e' à e, celle de la face d'un mur de clôture, dans laquelle on a pratiqué une porte ; l'autre face du mur se projette d'après la mesure de son épaisseur, et cette face est prolongée jusqu'au mur de clôture de la propriété G. Elle est, de f, correspondant de e, jusqu'à f', la ligne de projection de la première face du bâtiment M''. La troisième face $e'''e''$ du bâtiment M' est déterminée par le triangle $e'''e^{v}e''$, pris sur le jambage de droite de la porte, et sa quatrième face par une droite qui joint e^{v} à d'.

On se porte vers la façade du grand bâtiment M, on prolonge la ligne yb^{iv} de cette façade jusqu'à b^{v}, et $b^{v}b^{v}$ est la ligne de projection de la face intérieure du mur de clôture, sur laquelle, d'après des mesures prises, on projette l'ouverture d'une porte pratiquée dans ce mur. Une perpendiculaire élevée sur yb^{iv}, et de ce dernier point, passe par le point g, un des angles du bâtiment M''. Le point g est joint à a' par une droite qui est, jusqu'à g', la projection de la deuxième face du même bâtiment, et et de g' à a', celle de la face extérieure du mur de la cour. On projette sa face intérieure d'après la mesure de l'épaisseur de ce mur. Le point g' est joint à e par

une droite qui est la ligne de projection de la troisième face du bâtiment M″, et sa quatrième face est projetée par la droite qui joint g à f'. La face $g'g$ du bâtiment est prolongée jusqu'à g''; cette ligne est la projection de la face extérieure d'un mur de clôture dans lequel, d'après les mesures prises, on construit une porte qui est pratiquée dans ce mur.

La façade he'' du bâtiment M‴ se projette par une droite qui joint h à e''. Le point h est déterminé par une perpendiculaire hh' prise dans l'intérieur du bâtiment et qui en mesure la profondeur.

Il se trouve dans la cour une fontaine ou un puits p qu'il s'agit de lever au mètre. On peut rapporter ce lever à la face eg' du bâtiment M″ par des droites mesurées qui joindraient p à e et à g', et d'après ces mesures, on pourrait construire par intersection le point p sur l'épure, ou bien on pourrait faire passer une droite par e' et p et la prolonger jusqu'à p', sur le mur de clôture; une autre droite passerait par c' et p, et serait prolongée jusqu'à p'' sur la face du bâtiment M″. La position des points p' et p'' serait fixée d'après la mesure de leur distance à g', et la construction de ces lignes sur la feuille d'épure déterminerait le point p par intersection.

Pour le lever des détails du jardin, on se porte, à la gauche du grand bâtiment M, sur la face intérieure du mur de clôture $d''c^{v}$. Par le mesurage, on fait le lever d'une porte pratiquée dans ce mur. On s'occupe ensuite du lever d'une allée plantée d'arbres. On cherche sur le terrain en quel point des détails construits sur l'épure, la ligne de projection du côté gauche de cette allée ren-

contre ces détails. On trouve qu'elle s'appuie à l'angle d' du grand bâtiment, et qu'elle rencontre en m une des faces du bâtiment de la propriété L. Le point m est fixé de position par la mesure de sa distance à x, et la droite $d''m$ est jusqu'à m', à partir de m, la projection du côté de droite de l'allée, et de m' à d'', la largeur de l'allée parallèle à la face du bâtiment M.

On joint m' à a'' par une droite qui est, jusqu'à m'', la projection de la largeur de l'allée; de m'' à m''', celle de la largeur de la petite allée qui sépare la ligne des arbres de celle de la plate-bande du jardin, et de m''' à a'', la projection du côté extérieur d'une plate-bande; son côté intérieur se projette d'après la mesure de sa largeur. Cette plate-bande est coupée par l'entrée des petites allées n.ºs 1, 2 et 3, qui divisent le terrain pour les différentes cultures.

Sur la ligne $m'm$, et du point m^{iv}, on élève une perpendiculaire qui détermine les points m^{v} et m^{vi}; $m^{iv}m^{v}$ est la projection de la largeur de l'allée, et $m^{v}m^{vi}$ celle de la petite allée qui sépare la ligne des arbres de celle de la plate-bande du jardin. La droite qui joint m^{v} à m'' est la ligne de projection du côté gauche de l'allée, en même temps que celle de la plantation des arbres que l'on compte, ainsi que ceux du côté de droite; on les projette sur le dessin coté comme ceux qui se trouvent sur le terrain circonscrit par les lignes mm', $m'c^{iv}$ et $c^{iv}c^{v}m$.

Les droites qui joignent m^{vi} à m''' et m^{vi} à b'' sont la projection du côté extérieur de deux plates-bandes du jardin; le côté intérieur est projeté d'après la mesure

de leur largeur. Sur $m'''b''$ la plate-bande est coupée par l'entrée de petites allées n.ºs 1', 2' et 3', que l'on joint à leurs correspondants n.ºs 1, 2 et 3 par des lignes qui sont la projection de ces allées. La ligne de projection de l'allée n.ºs 1 et 1' est prolongée jusqu'au n.° 1'', et n.ºs 1' et 1'' est la largeur de la grande allée. La droite qui joint n.° 1'' à z est la ligne de projection du côté extérieur d'une plate-bande qui est, comme celle de l'autre côté de l'allée, coupée par l'entrée de petites allées n.ºs 2'' et 3''. La droite z n.° 1'' est prolongée du côté de n.° 1'' jusqu'à n et n', et nn' est la distance de la ligne des arbres $n'z''$ à celle du côté extérieur de la plate-bande nz', sur laquelle on détermine les entrées n.ºs 2''' et 3''' des petites allées. On compte les arbres de la ligne $n'z''$, puis on en fait la projection sur le dessin coté, et le lever du jardin est achevé, ainsi que celui de tous les détails circonscrits par le polygone ABCDE, qui ont été rapportés à ses côtés et à leurs lignes complémentaires.

La rédaction de ce lever est représentée par la figure 1.re de la planche IV.

DU LEVER DES DÉTAILS INTÉRIEURS DES BATIMENTS.

Qu'il s'agisse, par exemple, du lever particulier des détails intérieurs du bâtiment de la propriété G, dont le contour se rapporte à la ligne polygonale AB. On prendra pour base la ligne de projection $c''d''$ de la façade du bâtiment. Sur cette ligne et le milieu de la porte d'entrée de l'allée, on détermine un point l sur lequel

s'appuie une autre ligne, que l'on dirige, suivant l'allée, jusqu'au milieu l' de la porte de sortie; elle est prolongée jusqu'à l'' contre le mur du jardin, et du côté de l jusqu'à x; le point x joint à d'' compose un triangle lxd'', qui détermine la position de ll'' par rapport à $c''d''$. On mesure lc'', ld'', ll' et $l'l''$, on fait le tracé de ces lignes sur le dessin coté, et on écrit la mesure de leur longueur. Sur $l'l''$ on compose un triangle $l'l'''l''$, et sur $l'''l''$ un autre triangle $l'''l^{iv}l''$; les côtés $l'''l'$ et $l^{iv}l''$ sont prolongés jusqu'à l^{v} et l^{vi}, et la droite qui joint l^{v} à l^{vi} est la ligne de projection d'une face de bâtiment, la ligne $l^{vi}l^{v}$ celle de la face intérieure du mur du jardin, et $l^{iv}l'''$ la face d'un autre bâtiment; la ligne $l'''l^{v}$ est la projection de la deuxième façade du bâtiment de la propriété G, dont on complète le contour par les lignes de projection qui joignent l''' à c'' et l^{v} à d''.

Sur la ligne ll' menée par le milieu de l'allée, on détermine les points a et b, par lesquels on fait passer des perpendiculaires prolongées à droite et à gauche jusqu'à a' et a'', b' et b'', qui mesurent la largeur de l'allée. Les droites qui joignent a' à b' et a'' à b'' sont les lignes de projection des murs latéraux.

On figure et on mesure sur la ligne de projection $a'b'$ les portes m et z, l'épaisseur des murs, et on fait le tracé de la deuxième ligne de leur projection. On fait le lever de la pièce A; l'angle m' est connu; on mesure $m'm''$ et $m'm'''$. Sur $m'''m''$ on compose le triangle $m''m^{iv}m'''$; on mesure ses côtés, et on peut construire l'angle m^{iv}, et la figure $m'm'''$, $m'''m^{iv}$, $m^{iv}m''$, $m''m'$, construite sur l'épure, est semblable à celle de la pièce A. Sur le

côté $m'''m^{v}$ on figure et on mesure une porte n; on mesure l'épaisseur du mur, et on fait le tracé de sa deuxième ligne de projection.

On lève la pièce B; les angles n' et n'' sont connus; on mesure $n'n'''$ et $n''n^{v}$; la droite qui joint n''' à n^{v} est la ligne de projection de la quatrième face de la pièce B. Sur le côté $n'''n^{v}$ on figure et on mesure une porte o; on mesure l'épaisseur du mur, et on fait le tracé de sa deuxième ligne de projection. On lève la pièce C; les angles o' et o''' sont connus; on mesure $o'o''$ et $o'''o^{v}$; la droite qui joint o^{v} à o'' est la ligne de projection de la quatrième face de la pièce C. Sur ce côté on mesure et on figure une porte p; on mesure l'épaisseur du mur, et on fait le tracé de sa deuxième ligne de projection. Le lever de la pièce D est conclu de celui des pièces A et C, qui en ont fait connaître les angles et la longueur des faces.

Le lever des détails de la partie de gauche du bâtiment s'exécute par les mêmes moyens. Sur la face $a''b''$ du mur de l'allée, on figure et on mesure les portes y et q. La porte q communique dans la cage de l'escalier $q'q''q'''$ et q^{v}. Pour le lever de cette cage, on connaît q'; on mesure $q'q''$ et $q'q'''$. Sur la droite qui joint q'' à q''', on compose le triangle $q''q^{v}q'''$ dont on mesure les côtés, et par construction, la figure $q'q''q^{v}$ et q''' est semblable à celle de la cage E de l'escalier. Sur la face $q^{v}q''$ on figure et on mesure une porte x, et sur $q'''q^{v}$ une autre porte r; on mesure l'épaisseur des murs, et on fait le tracé de leur deuxième ligne de projection. Pour le lever de la pièce F, on connaît les angles r' et

r''; on mesure $r'r'''$ et $r''r^{v}$, et la droite qui joint r''' à r^{v} est la ligne de projection de la quatrième face de la pièce F, sur laquelle on figure et on mesure une porte s; on mesure l'épaisseur du mur, et on trace sa deuxième ligne de projection.

Quant au lever de la pièce G, on trouve qu'il est conclu de celui de la pièce F, de la cage d'escalier E et du mur $a''b''$ du corridor.

On fait le lever des cheminées et des autres détails qui peuvent se trouver dans les pièces du bâtiment, puis celui des détails de l'escalier, et le lever est complet pour le rez-de-chaussée. On exécute par les mêmes procédés le lever des caves et des étages supérieurs jusqu'à celui de la charpente du toit, et d'après les résultats de ces levers et les mesures prises des hauteurs des détails, on exécute les dessins, en projection verticale, des coupes et élévations qui complètent la description de ces détails.

Ce que nous venons de dire du lever des détails intérieurs des bâtiments a pour objet seulement de fixer l'attention sur les rapports qui existent entre celui-ci et le lever de topographie, qui ne considère que la projection du contour de ces détails. Nous essaierons plus tard, par un travail particulier, d'expliquer ce que notre expérience nous a appris sur le lever des détails des bâtiments appliqué méthodiquement, pour en faciliter l'exécution, à celui des grands monuments, tels que la cathédrale de Metz, dont le lever a été exécuté par plans, coupes et élévations, avec une exactitude remarquable, par notre ancien collaborateur Gay.

DE LA MESURE DES ANGLES PAR LES OPÉRATIONS TOPOGRAPHIQUES.

Il résulte des applications du lever au mètre et à l'équerre d'arpenteur, comme nous venons de le voir, une description complète des bâtiments, quelle que soit la nature de leurs détails. Nous avons vu par les exemples pris pour les exercices sur la pratique du dessin graphique appliqué à la construction de l'épure topographique, que le lever des détails du terrain s'exécute par les mêmes procédés que celui des bâtiments; qu'enfin, lorsqu'on est parvenu à faire le lever d'un polygone, on est capable d'exécuter celui des polygones qui composent le canevas général, et que, comme le lever des détails circonscrits par ces polygones résulte de la répétition des mêmes opérations pour tous, on peut également lever la totalité de ces détails, lorsqu'on est parvenu à exécuter ceux qui sont compris dans un seul polygone.

Lorsque nous aurons acquis la pratique des instruments, nous pourrons donc, par les opérations du mètre et de l'équerre, exécuter le lever du canevas et des détails du terrain. Les opérations du nivellement nous conduiront ensuite à la connaissance de la troisième dimension de ces détails, et à décrire par des sections horizontales les formes du terrain dont on ne connait pas les génératrices.

Nous disons que nos connaissances acquises sur les opérations des levers, et qui jusqu'à présent se bornent à ceux qui s'exécutent avec le mètre et l'équerre, ne

conviennent, pour celui du canevas, qu'aux levers spéciaux et de peu d'étendue, parce que la manière de procéder avec ces instruments pour relever les angles est trop lente dans son application à des levers d'une grande étendue, pour lesquels le temps est un élément à considérer ; tandis qu'il peut ne pas l'être pour certains levers de construction dont l'objet est de servir à l'étude de projets d'amélioration, ou pour celui d'un terrain sur lequel on se propose d'élever des constructions civiles ou militaires. Pour rendre le lever du canevas plus prompt et plus facile, on a dû avoir recours à d'autres instruments et à d'autres procédés. Par les opérations du mètre, les angles se déduisent de la mesure des côtés d'un triangle. Il s'agissait de trouver des instruments avec lesquels cette mesure pût être exécutée directement. Ces instruments, pour les opérations topographiques, sont la planchette et la boussole. On peut croire que le premier instrument, mis en usage pour relever les angles, se composait (fig. 3) de deux règles ou branches BA et AC, tenues en A par une charnière sur laquelle elles pouvaient tourner et s'ouvrir de manière à former entre elles des angles égaux à ceux observés sur le terrain. Cet instrument était porté par un bâton ou un pied à trois branches D.

Pour opérer, le sommet A était dans la verticale du point du terrain A'. Le plan de l'instrument étant amené dans une position horizontale, une de ses branches, soit AB, était dirigée sur un des points à observer en visant un jalon B' placé verticalement sur le point du terrain B''. Cette branche était tenue fixée dans cette position,

tandis que l'autre branche AC était dirigée sur le deuxième point à observer en visant un jalon C' placé verticalement sur le point du terrain C''. Alors les deux branches de l'instrument formaient entre elles un angle horizontal B'AC', égal à la projection de l'angle B''A'C''.

L'instrument était enlevé de son pied et porté sur la feuille d'épure, son sommet A sur le point déjà projeté; puis on faisait le tracé des côtés de l'angle le long des branches de l'instrument, et l'angle ainsi construit était égal à celui du terrain.

DE LA PLANCHETTE.

La planchette (fig. 4) se compose d'une tablette AB portée au-dessus du terrain par un trépied C, auquel elle est fixée au moyen d'un axe à écrou D, passant par un plateau E qui réunit les trois pieds. Ce plateau est joint à la tablette, pour la rendre immuable, au moyen de l'écrou.

Nous n'avons pas à nous occuper des modifications remarquables que la construction de la planchette a subies pour rendre l'usage de cet instrument plus facile. On reconnaîtra plus tard les motifs qui doivent faire préférer la planchette, que nous venons de décrire, pour les exercices dont l'objet est l'étude de la pratique des levers avec cet instrument.

Les côtés des angles ou les lignes topographiques tracées sur la planchette étant dans des plans verticaux qui passent par leurs correspondantes du terrain, il en résulte que ces lignes, mesurées et déterminées de lon-

gueur sur la carte d'après l'échelle, forment immédiatement des figures semblables à la projection du contour de celles qu'on a voulu décrire.

DE L'ALIDADE.

Pour observer et tracer sur la planchette les rayons visuels dirigés sur les points du terrain, on emploie (fig. 5) une règle surmontée, à ses deux extrémités, de deux pinnules A et B, qui lui sont perpendiculaires. Le milieu des ouvertures de ces pinnules est dans le même plan vertical que la face *cd* de la règle contre laquelle on fait le tracé de la direction observée. Cet instrument se nomme alidade; il est en bois ou en cuivre.

On a substitué aux pinnules (fig. 6) une lunette *cd* supportée par une colonne *e* fixée perpendiculairement à la règle *ab*. Elle se meut suivant un plan vertical qui passe par *ab*, pour viser les points du terrain qui sont en dessus ou en dessous du plan de la planchette, comme *f* ou *g*, de sorte que la planchette étant horizontale, les angles que font les rayons d'observation sont réduits à leur projection.

L'axe optique de la lunette peut ne pas être exactement dans le plan de la face *ab* de la règle, et faire un angle avec cette face. Mais comme l'angle serait le même pour la projection de tous les rayons visuels, cette disposition de la lunette ne nuirait en rien à l'exactitude des résultats définitifs des opérations. Cependant on peut vérifier la position de l'axe de la lunette par rapport à

la face *ab* de la règle, par son retournement bout pour bout, et faire la correction au moyen du fil vertical du réticule.

Pour ce retournement, la lunette est fixée à la colonne non pas par son milieu, mais de manière que *sd* soit réduit à une longueur égale à la hauteur de la colonne, pour qu'en la faisant tourner sur son axe *s*, elle puisse passer par *e*.

La planchette (fig. 7), placée sur le terrain d'une manière convenable pour opérer, est dite en station. Les conditions à remplir pour la mise en station sont: 1.° que la tablette x et y soit horizontale; 2.° que le point *a* marqué sur la tablette, et qui est la projection du point A du terrain sur lequel on doit stationner, soit dans la verticale de ce dernier point; 3.° que la ligne *ab*, qui est la projection de AB du terrain, soit exactement dans le plan vertical qui passe par cette dernière ligne. Alors la planchette sera dite en station et orientée, et sera ainsi disposée pour observer des points quelconques autour de l'horizon, et les rayons d'observation feront entre eux des angles égaux à la projection de ceux du terrain.

Lorsqu'on a acquis la pratique de l'usage de la planchette, on la met en station, si le terrain est horizontal, en formant avec ses pieds PP'P'' un triangle équilatéral, et sa tablette xy se trouve horizontale. Si le terrain est accidenté, en pente, on cherche deux points de l'horizontale de cette pente sur lesquels on place, par exemple, les pieds PP', et au moyen du troisième P'', on amène la planchette dans une position horizontale. On examine

ensuite si les autres conditions sont remplies, ou de combien la position actuelle de la planchette s'en écarte.

On trouvera, par exemple (fig. 8), en T, que la ligne *ab*, projection de AB du terrain, est éloignée de cette dernière de la quantité de *a* à A. Dans ce cas, on enlève la planchette, en ayant la précaution de ne pas changer la position de ses pieds, et on la porte parallèlement à elle-même à gauche, jusqu'à ce que la ligne *ab* soit en $a'b'$ dans le même plan vertical que AB. Pour amener le point a' dans la verticale de A, on se porte de la face x de T à la face y de T'; on enlève la planchette sans changer la position de ses pieds; on la porte à droite parallèlement à elle-même, pour conserver sa position sur AB, jusqu'à ce que le point *a* soit dans la verticale de A, et elle est alors en station et orientée, comme on le voit par la figure 7.

On recommande de ne pas changer la position des pieds de la planchette en opérant, afin de remplir les conditions de la mise en station, parce qu'étant d'abord disposés de manière à tenir la tablette dans une position horizontale, cette disposition restant la même, la petite distance à laquelle on transporte la planchette n'influe que très-peu sur cette horizontalité, que, d'ailleurs, le praticien rectifie facilement pour arriver à l'exactitude relative aux opérations exécutées avec cet instrument.

La planchette perfectionnée par l'habile mécanicien de l'école d'application de l'artillerie et du génie dispense des opérations pratiques et de l'adresse qu'exige la planchette simple, et qui ne s'acquiert que par une

suite d'exercices répétés. Cette planchette, par un mouvement de translation, permet d'amener directement la position du point de station a dans la verticale de son correspondant A du terrain; par un mouvement de rotation, la ligne ab est mise dans le plan vertical de AB, et deux mouvements de bascule perpendiculaires amènent directement la tablette dans une position horizontale; enfin, les pieds de la planchette sont construits de manière à la tenir immuable, lorsqu'elle est mise en station et orientée.

Cette planchette, à cause de sa perfection, ne laisse rien à apprendre que la connaissance de son mécanisme, qui par lui-même est très-simple. La pratique de la planchette ordinaire, qui exige de l'adresse, est la seule à considérer sous le rapport de l'enseignement, parce que, lorsqu'on saura opérer avec celle-ci, on opérera plus facilement encore avec la première.

Nous venons de voir comment les praticiens parviennent à remplir les conditions de la mise en station et de l'orientement de la planchette simple. Les opérations par lesquelles ils obtiennent ce résultat, pour opérer rapidement et avec exactitude, exigent une habitude que l'expérience seule peut donner, et qui demande beaucoup de temps, mais que le professeur peut abréger par un enseignement méthodique sur chacune des opérations en particulier.

On s'exerce d'abord sur un terrain horizontal à former avec les pieds $PP'P''$ (fig. 7) un triangle équilatéral $PP''P'$, et on remarque que, les pieds étant ainsi disposés, la tablette est horizontale.

On s'exerce ensuite à faire la recherche, sur les terrains inclinés, d'une horizontale suivant laquelle on place deux des pieds de la planchette, soient P et P', et avec le troisième P'', on amène la tablette dans une position horizontale.

Pour cette opération, on élève le pied P'', afin de le rendre libre de décrire l'arc de cercle *pp'*, par lequel est produit un mouvement de torsion qui relève, suivant *cd*, le côté *c* de la tablette, lorsque le pied P'' est porté du côté de *p*, et le côté *d*, lorsqu'il est porté vers *p'*. Ce double mouvement étant possible, on pourra amener la tablette dans l'horizontale *cd*, ce que l'on reconnait au moyen du petit niveau *n*, lorsque la bulle d'air se trouve au milieu de son tube.

La tablette est rendue horizontale suivant *ef*, perpendiculaire à *cd*, en plaçant le niveau *n* sur cette ligne. On pousse ou on amène à soi le pied P'' suivant P''*x*, perpendiculaire à PP'. Si on le pousse vers *z*, la tablette se relève du côté de *e*, et si on le ramène à soi, elle se relève du côté de *f*. Ainsi, d'après ces deux mouvements, on pourra amener la tablette dans l'horizontale *ef*; et si PP' est horizontal, le mouvement qu'aura éprouvé la planchette, en tournant sur cette ligne, n'aura altéré en rien l'horizontalité de *cd*. C'est dans ce but que, pour les terrains en pente, deux des pieds de la planchette doivent être placés sur une horizontale. Après des exercices répétés sur ces opérations, l'œil acquiert l'habitude de juger à la simple vue l'horizontalité de la tablette, et on parvient enfin à l'amener dans cette position

avec une exactitude suffisante, sans qu'il soit nécessaire d'employer le niveau.

La position de la ligne *ab*, ou de toute autre ligne ou point tracés sur la tablette, et qui sont amenés, par le transport de la planchette, dans les plans verticaux que l'on fait passer par leurs correspondants du terrain, se vérifie avec le fil à plomb qui détermine ces plans.

La ligne *ab* sera vérifiée par le plan CB. On vérifiera la position de *a* par rapport à A du terrain au moyen du deuxième plan DA. Ces deux plans déterminent la verticale *a*A. C'est en répétant ces opérations du transport de la planchette et de la vérification avec le fil à plomb, que l'on parvient, comme les praticiens, à la mettre en station, et à l'orienter avec une exactitude suffisante, sans qu'il soit nécessaire de faire usage du niveau ni du fil à plomb.

On voit que, la planchette étant en station et orientée sur *ab*B′, du point *a* on pourra observer les points GH et I, etc., ceux visibles autour de l'horizon; que les rayons d'observation dirigés sur ces points, et que l'on trace le long de la règle de l'alidade, feront entre eux des angles *iah*, *hag* et *gab* égaux à ceux du terrain, et qu'ainsi, sachant mettre la planchette en station et l'orienter, on pourra, d'après les méthodes du cheminement, des intersections et des recoupements, lever une figure rectiligne quelconque, et construire en même temps la projection sur la tablette.

LEVER D'UN POLYGONE A LA PLANCHETTE D'APRÈS LA MÉTHODE DU CHEMINEMENT.

(Fig. 9.)

Si, après avoir mesuré AB et observé B, on a pu projeter, à l'échelle du lever, le point *b*, on pourra également, en mesurant AE et observant E, projeter le point *e*, et on aura levé et construit la projection d'un triangle *bae* semblable au triangle BAE du terrain.

La planchette étant mise en station, le point *b* dans la verticale de B, et orientée suivant *ba*A, si l'on observe le point *c*, on connaîtra l'angle *b* et le côté *ba*, déjà projeté; on mesurera son deuxième côté BC, on projettera le point *c*, et on aura levé et construit sur la tablette un triangle *cba* semblable au triangle CBA du terrain.

La planchette est mise en station sur C, le point *c* dans la verticale de ce point; elle est orientée suivant *cb*B; on observe le point D; on connaîtra l'angle *c* et le côté *cb*, déjà projeté; on mesure son deuxième côté CD, on projette le point *d*, et on a levé et construit sur la tablette un triangle *dcb* semblable au triangle DCB du terrain.

La planchette est mise en station sur le point D, le point *d* dans la verticale de ce point; elle est orientée suivant *dc*C; on observe le point E; on connaîtra l'angle *d* et le côté *dc*, déjà projeté; on projette le point *e* d'après la mesure de son deuxième côté DE, et on a

levé et construit sur la tablette un triangle *edc* semblable au triangle EDC du terrain, et *e* est le point de fermeture du polygone.

Ces opérations, qui sont celles de la méthode du cheminement, ont pour résultat le lever des lignes polygonales du canevas, et leur construction immédiate sur l'épure par la répétition des mêmes procédés d'exécution sur chacun des sommets de ces lignes, quel que soit leur nombre et l'étendue du polygone qu'elles composent, et dont on entreprend le lever.

LEVER D'UN POLYGONE A LA PLANCHETTE D'APRÈS LA MÉTHODE DES INTERSECTIONS.

(Pl. V, Fig. 1.re)

La deuxième méthode élémentaire, d'après laquelle on exécute les opérations des levers, consiste à prendre un des côtés du polygone pour base, et, des extrémités de cette base, à observer les sommets du polygone. De *a*, par exemple, ce point étant dans la verticale de son correspondant A du terrain, on observe le sommet B; on mesure la distance de A à B; on trace la ligne d'observation, et sur cette ligne le point *b*, projection de B. Étant ainsi en station et orienté, du point *a* on observe E, D, C; on fait le tracé des lignes d'observation, et on connaît les angles *ead*, *dac* et *cab*, qui sont égaux aux angles du terrain EAD, DAC et CAB.

La planchette est portée en station sur l'autre extrémité B de la base; le point *b* est mis dans la verticale



de B ; elle est orientée sur *baA*, et on observe les sommets E, D et C ; on trace les rayons d'observation, et on connaît les angles *abe*, *ebd* et *dbc*, qui sont égaux aux angles ABE, EBD et DBC. Les angles observés des extrémités A et B de la base sont ceux des triangles dont les sommets sont en E, D et C, qui ont pour base commune AB. Ainsi, par construction, le rayon d'observation *be* rencontrera l'indéfinie *ae* en un point *e* qui sera la projection de E, et le triangle *aeb* sera semblable au triangle AEB du terrain ; le rayon d'observation *bd* rencontrera l'indéfinie *ad* en un point *d* qui sera la projection de D, et le triangle *adb* sera semblable à ADB ; le rayon d'observation *bc* rencontrera l'indéfinie *ac* en un point *c* qui sera la projection de C, et le triangle *acb* sera semblable au triangle ACB.

Les sommets *e*, *d* et *c* de ces triangles seront aussi ceux du polygone que l'on aura ainsi levé par la méthode des intersections, et sa construction sera achevée en joignant *a* à *e*, *e* à *d*, *d* à *c*, et *c* à *b*, par des droites qui seront la projection de ses côtés.

Les opérations du lever par le cheminement se vérifient sur les points du canevas trigonométrique, ou sur des points quelconques pris en dedans ou en dehors du polygone, toutes les fois qu'ils sont visibles des sommets sur lesquels on stationne. Par exemple (pl. IV, fig. 9), on a observé du sommet A un point O, et l'on a tracé le rayon d'observation par une indéfinie ; on a observé le même point du sommet B, et la trace du rayon d'observation rencontre l'indéfinie de la première observation en un point qui est la projection de O,

lequel se trouve ainsi déterminé par intersection, et les rayons des observations faites sur les sommets C, D et E devront concourir en projection au même point O, ce qui aura lieu si ces sommets ont été relevés avec exactitude.

Les opérations du lever par intersection se vérifient par une troisième et même par une quatrième observation, au moins par une troisième, parce que les points relevés d'après cette méthode ne sont considérés comme exactement déterminés qu'après cette vérification.

Par exemple (pl. V, fig. 1.re), sur la base AB on a déterminé un point F, sur lequel on a stationné pour observer les sommets C, D, E. Les rayons d'observation tracés sur la planchette font juger que les premières observations ont été bien faites, si ces rayons passent exactement par les points de projection *c*, *d*, *e*, en même temps que par leurs correspondants du terrain C, D, E.

LEVER D'UN POLYGONE A LA PLANCHETTE D'APRÈS LA MÉTHODE DES RECOUPEMENTS.

(Fig. 2.)

Soit le côté AB d'un polygone projeté sur la tablette par *ab*; soient le point *b* mis dans la verticale de B, et la planchette orientée suivant *ba*A. On observe le sommet C; on trace la ligne d'observation; on connaît l'angle *b* et le côté BA; le côté BC ne peut être mesuré; sa longueur se détermine par les opérations du recoupement.

Ces opérations consistent à porter la planchette près du piquet qui marque le sommet C, à la mettre en station dans une position peu éloignée de ce point, par exemple, en F, et à l'orienter suivant l'indéfinie *xb*B. Du point de projection *a* on observe son correspondant A du terrain ; la ligne du rayon d'observation tracée le long de la règle de l'alidade est prolongée jusqu'à l'indéfinie *bx*; elle détermine avec cette ligne un point *x*, qui est le sommet d'un triangle *axb* semblable à celui du terrain A*x*B.

On connaît en projection la longueur du côté *bx*. Le point *x* se projette sur le terrain ; on mesure sa distance au piquet qui marque le sommet C ; on porte d'après l'échelle cette distance sur *xb* à partir de *x*; elle détermine le point *c*, qui est la projection du sommet C, et *cb* la projection du côté BC du polygone.

Le point *c* est amené dans la verticale de C par le transport de la planchette, qui est orientée sur *cb*B ; on observe le sommet A, et si la recherche du point de projection *c* a été bien faite, le rayon d'observation passera exactement par ce point, par *a* en même temps que par A du terrain, le triangle *acb* sera semblable au triangle ACB, et la longueur du côté CB sera ainsi déterminée par la méthode des recoupements. De la même station on observe le sommet D ; on fait le tracé de la ligne d'observation par une indéfinie *cx'*; on porte la planchette sur le sommet D ; on opère comme sur le sommet C pour la recherche de *d*, qui est le point de projection du sommet D, et on arrive à la formation du triangle *adc*, qui est semblable à ADC du terrain.

De *d* on observe le sommet E, sur lequel on porte la planchette; on détermine la position du point *e*, qui est la projection de E, et on arrive à la formation du triangle *aed*, semblable au triangle AED du terrain. On observe de E le point A déjà projeté, et on aura bien opéré, si la trace du rayon d'observation passe en même temps par *a*.

Les opérations du lever par le recoupement se vérifient successivement par l'observation de points déjà déterminés. Par exemple, du sommet D on a observé A, on observe aussi le point B; du sommet E on a observé A, on observe de plus les points C et B. On peut également observer des points isolés que l'on détermine par intersection, comme nous l'avons vu pour la vérification des levers exécutés par la méthode du cheminement.

Trois points étant donnés, soient les sommets A, B, C, supposons qu'il s'agisse, d'après ces points, d'en relever un quatrième O, en stationnant sur ce point. Pour cette opération, les praticiens se servent d'un papier transparent, sur lequel ils marquent la projection du point du terrain dont on doit faire le lever. Ce papier est fixé sur la planchette, qui est dans une position quelconque. Le point de projection *o* est amené dans la verticale de son correspondant O du terrain. Ces conditions étant remplies, la tablette rendue horizontale, du point *o* on observe les sommets A, B, C; on fait le tracé des lignes de projection le long de la règle de l'alidade, et on connaît les angles *aob* et *boc*, égaux aux angles observés AOB et BOC.

On enlève le papier transparent, et on amène par le

tâtonnement les côtés *oa*, *ob* et *oc* à passer par chacun des points *a*, *b* et *c*; le sommet *o* piqué sur l'épure sera la projection du sommet commun des angles, et ce point, par le transport de la planchette pour la mettre en station, sera amené dans la verticale de son correspondant O, et orienté sur un des côtés des angles, par exemple sur OA, et suivant *oa*A.

Si le point *o* a été bien déterminé, les rayons d'observation dirigés sur les sommets B et C passeront exactement par leurs points de projection *b* et *c*. La position du point *o* se vérifie encore en dirigeant des rayons d'observation sur les sommets D et E, sur des points du canevas trigonométrique ou d'autres points isolés.

DU DÉCLINATOIRE.

Le déclinatoire est une boussole d'une construction particulière, qui a été imaginée pour disposer la planchette parallèlement à elle-même sur les différents points du terrain où l'on stationne.

L'aiguille du déclinatoire est renfermée et mise en équilibre dans une boite rectangulaire AB (fig. 3). Le fond de la boite est divisé par une ligne *ns*, appelée ligne du nord-sud, sur laquelle est placée l'aiguille, et lorsque ses pointes sont exactement sur cette ligne, le côté AB de la boite, qui lui est parallèle, est dans la direction de la méridienne magnétique.

Pour faire usage du déclinatoire, on oriente la planchette comme nous venons de le voir. Par exemple (fig. 2), le point de projection *a* est dans la verticale de A,

et la ligne *ab* dans le même plan vertical que AB. La planchette étant mise en station, on place le déclinatoire sur la tablette, et on le fait tourner jusqu'à ce que les deux pointes de l'aiguille se trouvent exactement sur la ligne *ns*; puis on trace, suivant un des côtés de la boite, une ligne *ns*, qui sera dans la direction du méridien magnétique.

Si on met la planchette en station sur le point B, ou sur tout autre point, on l'orientera en plaçant le déclinatoire sur la ligne d'orientement *ns*, et par un mouvement de rotation imprimé à la planchette, on amène l'aiguille son extrémité nord au point zéro; la planchette est alors dans une position parallèle à celle dans laquelle elle était pour la station précédente, ce qui dispense de l'orienter sur le point de cette station.

Nous n'avons pas encore pu comprendre quels sont les avantages qui peuvent résulter, pour la bonne et prompte exécution des levers, de l'emploi de cet instrument, à moins que ce ne soit pour relever, par le recoupement, des points isolés sur lesquels on stationne; opération qui n'est jamais nécessaire pour les levers du premier et du deuxième ordre, et rarement pour ceux du troisième, c'est-à-dire des levers militaires. Son emploi pour les opérations du lever par le cheminement doit nécessairement en ralentir l'exécution, parce qu'il faut bien plus de temps pour faire venir l'aiguille aimantée sur le point zéro, que pour amener la projection de la ligne observée de la station précédente dans le plan vertical de sa correspondante du terrain. On a senti cet inconvénient, et déjà depuis long-temps on ne fait plus usage du déclinatoire.

DE LA BOUSSOLE.

Les éléments des opérations du lever du canevas topographique, qui consistent dans les méthodes du cheminement, des intersections et des recoupements, s'appliquent avec la boussole comme avec le mètre, la planchette, et tous les instruments quelconques qui mesurent les angles, et ces applications produisent les mêmes résultats, c'est-à-dire des figures rectilignes en projection, semblables à celles que l'on a composées sur le terrain pour aider aux levers des contours variés des détails.

Les exercices sur la construction de l'épure des levers exécutés avec la boussole nous ont fait connaître l'ordre à suivre dans les opérations, la formation des registres dans lesquels sont inscrits leurs résultats, la composition du canevas, et les opérations graphiques par lesquelles on fait la construction de son épure. Il ne nous reste donc plus qu'à expliquer les procédés techniques d'exécution qui peuvent, sur le terrain, rendre l'usage de la boussole plus facile, puis à opérer avec toute la promptitude et l'exactitude qu'exige ce genre de lever.

La boussole (pl. V, fig. 4 et 5) se compose d'une aiguille aimantée *ns*, tenue en équilibre par son milieu sur un pivot *c* en acier, qui est perpendiculaire au fond d'une boîte AC; ce pivot est le centre d'un cercle en cuivre *ab*. Ce cercle, qui est le limbe de l'instrument, est divisé en 360 degrés ou 400 grades. Il est élevé à la hauteur de l'aiguille, et recouvert par une glace *d*, sur-

montée d'un couvercle *e* qui ferme la boîte. Le fond de celle-ci est divisé par la trace de deux diamètres qui se coupent à angle droit au centre *c*; ils marquent les quatre points cardinaux : nord, sud, est, ouest, par les lettres *n*, *s*, *e* et *o*. Le diamètre *ns* est parallèle au côté AB de la boîte. C'est sur la face de ce côté, perpendiculairement à *ab*, qu'est placée l'alidade à visière ou la lunette *fg*, tenue et rendue mobile par son centre *h*, pour être mue suivant un plan perpendiculaire à *ab*, qui est celui du limbe de la boussole, que l'on amène dans une position horizontale pour réduire les angles à leur projection ; il reste dans cette position pendant que l'on fait mouvoir la lunette pour observer les points du terrain qui peuvent se trouver au-dessus ou au-dessous de l'horizon.

La boussole est portée sur un trépied E, qui s'engage dans la douille d'un genou F, où se meut une sphère rendue libre dans les coquilles *i* et *k*. Par les mouvements que l'on fait éprouver à la sphère, on amène le plan *ab* du limbe dans une position horizontale, et on le fixe ensuite au moyen de la vis à écrou *l*.

On reconnaît que le plan *ab* est horizontal, lorsqu'en faisant tourner la boussole sur son axe, les deux pointes de l'aiguille qui sont le plus rapprochées possible de l'arête intérieure et supérieure du limbe, restent ensemble sur cette arête, par ce mouvement.

On met la boussole en station (fig. 6) en l'amenant dans une position horizontale, et on l'oriente en visant le point que l'on doit observer en même temps que l'on met l'oculaire *f* de la lunette dans la verticale de celui

du terrain. La boussole est alors en station et orientée. Elle est mise dans une position horizontale au moyen des pieds et de son genou. Si le terrain est horizontal, les pieds sont disposés entre eux de manière à former un triangle équilatéral ; s'il est en pente, deux des pieds *p* et *p'*, par exemple, sont placés sur l'horizontale de la pente estimée approximativement à vue. Le pied *p''* est relevé, et par des mouvements de torsion et des mouvements d'avance et de recul perpendiculairement à *pp'*, on amène le plan de la boussole dans l'horizontale.

Nous supposons (fig. 4) que l'aiguille aimantée prend constamment la même direction, et cette supposition, par rapport aux résultats des opérations topographiques, peut être admise dans la pratique comme une réalité, parce que les erreurs qui résultent en plus ou en moins de l'observation des angles et de la variation diurne de l'aiguille aimantée sont peu considérables, et disparaissent nécessairement par l'effet des compensations.

L'aiguille qui arase le limbe indique par sa pointe nord le nombre de degrés et de minutes qui est la mesure de l'angle observé. On lit facilement sur les divisions le demi, le quart et le huitième de degré, 30', 15', 7' ou 8' minutes, et on peut de plus apprécier le seizième de degré, 4' ou 5' minutes : c'est lorsque l'aiguille étant sur la trace d'une des divisions, se trouve, sans se séparer de cette trace, un peu à droite ou à gauche. Pour cette lecture, on a la précaution de se tenir exactement dans la direction de la longueur de l'aiguille, parce que si l'on se tenait de côté, sa pointe, qui laisse un petit espace entre elle et le limbe, se pro-

jetterait en un autre point que celui qu'elle indique.

Pour faciliter le lever des détails, les lignes polygonales du canevas ne s'étendent ordinairement qu'à 100 mètres, et au plus à 120 mètres. La plus grande échelle que l'on emploie pour faire la construction sur l'épure des levers du premier ordre, est, dans ses rapports avec le terrain, comme 1 est à 1000 ($\frac{1}{1,000}$), c'est-à-dire, d'un millimètre pour un mètre, et d'un dixième de millimètre pour un décimètre.

Nous avons vu, par les opérations graphiques de la construction des lignes du canevas, que 2 décimètres, qui sont représentés à l'échelle de $\frac{1}{1,000}$ par un cinquième de millimètre, ne s'étendent pas sur l'épure au-delà du diamètre du cercle formé par la pointe du compas; d'où l'on peut conclure que cette longueur d'un cinquième de millimètre est graphiquement inappréciable, et qu'elle peut être considérée comme étant la limite de l'exactitude à laquelle il est nécessaire d'atteindre par les opérations topographiques qui ont pour objet la construction de l'épure d'après la plus grande échelle en usage.

Si avec la boussole, comme cela a lieu pour une distance de 120 mètres, on obtient une exactitude plus rigoureuse encore, les opérations faites avec cet instrument satisfont donc à toutes les conditions qu'exigent les levers du premier ordre; et si pour ces levers construits à l'échelle de $\frac{1}{1,000}$, l'erreur de 2 décimètres est inappréciable, ou du moins tolérable, on devra aussi tolérer celles de 4, de 8, de 16 et de 32 décimètres, pour les levers de $\frac{1}{2,000}$, de $\frac{1}{5,000}$, de $\frac{1}{10,000}$ et de $\frac{1}{20,000}$, qui sont également inappréciables, et pour lesquels levers

on a pourtant et pendant long-temps jugé la boussole comme étant par trop inexacte.

Cette importante question, dont dépendait la perfection de l'art des levers, a enfin été résolue par les praticiens d'une manière complète, comme nous le verrons plus tard, lorsque nous nous occuperons de l'application des éléments de la pratique des levers à tous les genres de topographie.

Pour diriger le rayon visuel suivant l'axe optique de la lunette sur le point à observer, on fait éprouver à la boussole un mouvement de rotation sur son centre, qui fait osciller l'aiguille pendant un temps plus ou moins long, et ordinairement d'assez grande durée pour les personnes qui n'ont pas l'habitude d'opérer avec l'instrument. Afin d'abréger le temps que font perdre ces oscillations de l'aiguille, on s'exerce à la fixer au moyen du levier qui la relève. On l'arrête vers le milieu de l'intervalle qu'elle parcourt par son oscillation, parce que c'est vers ce point qu'elle devra se fixer, lorsqu'elle aura pris sa direction. L'aiguille étant mise en repos, on s'exerce à faire tourner la boussole sur son centre; on la pousse légèrement de manière qu'elle reste dans son plan horizontal. On répète cet exercice jusqu'à ce qu'on soit parvenu à produire le mouvement de rotation sans qu'il en résulte des oscillations pour l'aiguille. Ces exercices répétés conduisent facilement à ce résultat, qui abrège d'une manière très-notable le temps que l'on emploie pour l'observation des angles.

On est convenu, pour observer les angles, de tenir constamment la lunette de la boussole à droite. Par

exemple (fig. 4 et 6), pour observer du point de station A le point B, la lunette est à droite, son oculaire f dans la verticale de A, et elle est amenée dans la direction de B. On trouve que l'aiguille marque le point zéro de la division du limbe. Dans ce cas, l'angle est nul, et la projection du rayon d'observation parallèle à celle du nord magnétique.

Si de la même station on observe le point C, en faisant tourner la boussole sur son centre, pour diriger par l'axe de la lunette le rayon visuel sur ce point, ce mouvement déplacera son oculaire de la quantité ff'. Les divisions du limbe, qui sont numérotées de gauche à droite, seront également déplacées ; le point zéro de cette division sera amené à gauche jusqu'à x, et l'aiguille, qui prendra sa direction nord, indiquera sur le limbe le numéro de l'angle observé ncx, que nous supposons de 30 degrés, et qui est égal à l'angle $nf'c$ du terrain.

Pour observer D, l'oculaire est amené sur f'', et il se trouve ainsi successivement dans des positions différentes, pour observer des points quelconques autour de l'horizon. On remarquera que, si ces angles, qui ont été observés sur des sommets particuliers à chacun d'eux, se construisent sur un même point de projection A, comme cela se pratique ordinairement, il y aura nécessairement erreur dans ces constructions, et ces erreurs seront d'autant plus grandes, que les points sur lesquels on a observé les angles, sont plus éloignés de celui que l'on a observé le premier. Elles peuvent être peu sensibles, n'être pas même appréciables pour les levers du deuxième ordre, qui se construisent d'après

les échelles de $\frac{1}{5,000}$, de $\frac{1}{10,000}$ et de $\frac{1}{20,000}$; mais elles sont notables pour les levers du premier ordre, dont les résultats exigent une plus grande exactitude.

Lorsqu'on a eu la pensée d'exécuter les levers du premier ordre avec la boussole, on a cherché, en l'employant, à éviter les erreurs qui peuvent résulter de la manière d'opérer que nous venons d'expliquer.

On a essayé, pour toutes les observations d'angles autour de l'horizon, d'amener l'oculaire de la lunette dans la verticale du point de station. Les angles ainsi observés d'un sommet commun se construisent sans erreur sur la projection de ce sommet; mais le temps trop considérable qu'il faut employer en déplaçant et mettant la boussole en station pour chaque observation, a fait abandonner cette manière d'opérer; on lui en a substitué une autre beaucoup plus prompte, et d'une exactitude presque égale, mais suffisante.

Le moyen que l'on a adopté pour observer les angles avec la boussole (fig. 7), consiste à placer son centre *o* dans la verticale du point A du terrain. En la faisant tourner sur ce centre, la lunette tenue à droite, on observe les points autour de l'horizon avec une erreur constante égale à l'excentricité *oh* de la lunette. Soit B un de ces points, le rayon d'observation dirigé sur B fera, avec la droite qui joint A à B, un angle AB*y*, que l'on réduira à la droite *y*B′, en observant B′, distant de B d'une quantité égale à l'excentricité *oh* de la lunette. Le rayon d'observation *y*B′ sera parallèle à celui qui aurait été dirigé de *o* sur B, et ce rayon fera avec la méridienne l'angle cherché.

La distance de B à B′ s'observe au moyen d'une petite tablette *c* fixée au bas du jalon, et qui est égale en longueur à l'excentricité *oh*. Le jalon étant placé sur le point B, on vise par l'oculaire *f* de la lunette le point B′. On peut suppléer la plaque *c* en marquant sur le jalon une distance *dd′* égale à la longueur de la plaque, d'une manière visible à distance d'observation, et par comparaison déterminer la position du point B′. Connaissant la largeur du jalon *e*, et combien de fois elle est comprise entre B et B′, on estime cette distance également par comparaison; et enfin, lorsqu'on aura acquis assez de pratique par l'emploi de ces moyens, on parviendra à estimer à vue, avec toute l'exactitude nécessaire, la position du point B′ par rapport au point B.

Pour vérifier s'il y a erreur dans l'observation des angles, ou si l'on s'est trompé en les inscrivant dans le registre, sur un côté AB d'un polygone (fig. 8), par exemple, du sommet A on observe le sommet B. Etant en station en B, on observe A; l'angle en A est $a+b$, et l'angle en B est c. a est de 180 degrés; b est égal à c comme alterne-interne entre deux parallèles. La différence entre les deux angles observés est de 180 degrés, résultat constant de la double observation faite avec la boussole sur un côté quelconque d'un polygone. Donc, toutes les fois qu'entre les résultats de deux observations, la différence des angles observés sera de 180 degrés, on en conclura que les deux angles ont été bien observés. D'après ce moyen de vérification, il ne peut pas exister d'erreurs dans la mesure des angles. S'il en est qui s'opposent à la fermeture des polygones, elles ne peuvent

provenir que de la mesure de leurs côtés. En effet, si l'on soumet successivement les observations d'angles faites sur tous les côtés d'un polygone à la même vérification, on ne passera des opérations faites sur l'un d'eux à celles du suivant qu'après s'être assûré de l'exactitude du premier, et on ne perdra plus de temps à rechercher des erreurs presque inévitables dans le lever d'un polygone d'un grand nombre de côtés, dont une seule erreur d'observation ou d'inscription peut rendre la fermeture impossible et obliger de recommencer entièrement le lever.

Il résulte en outre de la double observation faite avec la boussole sur chacun des côtés d'un polygone, que, sur ses sommets, on a la mesure de deux angles, qui sont ceux que font ces côtés avec la méridienne magnétique, et au moyen desquels on trouve l'angle de chacun de ces sommets.

Par exemple, l'angle ABC du sommet B sera extérieurement égal à l'angle *d* observé de B sur C, moins l'angle *c* observé de B sur A; l'angle intérieur *e* sera égal à 360°, moins l'angle extérieur.

C'est par ce moyen, comme nous l'avons déjà vu, qu'on traduit les angles observés avec la boussole en ceux qui l'auraient été avec le cercle, pour connaître, par leur somme, de combien les observations faites avec la boussole s'éloignent de l'exactitude obtenue par celles qui auraient été faites avec le cercle.

LEVER D'UN POLYGONE AVEC LA BOUSSOLE D'APRÈS LA MÉTHODE DU CHEMINEMENT.

Soit le polygone ABCDE (fig. 9) qu'il s'agit de lever. Le sommet A et un point trigonométrique O sont pro-

jetés sur la feuille d'épure. Ce dernier point et les sommets du polygone sont signalés par des jalons.

La boussole est mise en station sur le sommet A, son centre dans la verticale du piquet qui marque ce point sur le terrain. La lunette de la boussole est à droite, et on observe le point B à une distance de ce point égale à l'excentricité de la lunette. On enregistre l'angle qu'indique la pointe nord de l'aiguille aimantée. On observe de la même station le point isolé O; l'angle observé est inscrit dans le registre à la colonne des points isolés. On fait mesurer la longueur du côté AB, et on enregistre cette mesure.

On place la boussole en station sur le sommet B; on observe A; l'angle observé est enregistré. On retranche cet angle de celui observé en A. La différence étant de 180 degrés, on en conclura qu'on a bien opéré pour les deux observations. Dans le cas contraire, on observe de nouveau en A, et on répète ces observations, sans jamais se permettre de passer outre, jusqu'à ce que l'on soit parvenu au résultat cherché.

De la même station B on observe le point isolé O et le sommet C; on enregistre les angles observés; et on fait mesurer le côté BC.

La boussole est mise en station sur le sommet C; on observe B; on inscrit la mesure de l'angle, et on vérifie les résultats de la double observation. De la même station on observe le point isolé O et le sommet E; on enregistre les angles, et on fait mesurer le côté DE.

On met la boussole en station sur le sommet E; on observe D; on inscrit l'angle; on observe le point isolé

O et le point de fermeture A ; on inscrit les angles, et on fait mesurer le côté EA. Alors le lever du polygone est achevé, et on peut le construire d'après les données inscrites dans le registre.

LEVER D'UN POLYGONE AVEC LA BOUSSOLE D'APRÈS LA MÉTHODE DES INTERSECTIONS.

S'il s'agit (fig. 10) de faire, d'après la méthode des intersections, le lever du même polygone que le précédent, le sommet A sera donné ; la boussole sera mise en station, son centre dans la verticale du piquet qui marque ce sommet sur le terrain. On observera B ; on fera mesurer le côté AB ; on inscrira l'angle observé et la mesure du côté. De la même station on observe les sommets C, D, E, que l'on a fait signaler par des jalons, et l'on inscrit les angles observés dans la colonne des points isolés.

La boussole est mise en station sur le sommet B ; on observe les sommets C, D, E, et on enregistre les angles dans la colonne des points isolés. Le lever du polygone est terminé, et on peut le construire d'après les données inscrites dans le registre ; et cette construction sera achevée en joignant B à C, C à D, D à E et E à A, par des droites qui seront la projection de ses côtés.

Les opérations du lever d'après la méthode des intersections se vérifient par d'autres observations faites sur les mêmes points, et au moins par une troisième, par exemple, d'un point F pris sur la base, en observant les sommets C, D et E ; et on aura bien opéré, si les rayons

d'observation passent par les points déjà déterminés par les opérations précédentes.

LEVER D'UN POLYGONE AVEC LA BOUSSOLE D'APRÈS LA MÉTHODE DES RECOUPEMENTS.

Pour le lever d'un polygone d'après la méthode des recoupements, le sommet A est projeté sur la feuille d'épure; les autres sommets sont signalés par des jalons. La boussole est mise en station, son centre dans la verticale de A. On observe le point B, on fait mesurer le côté AB, et on inscrit l'angle et cette mesure. Ensuite la boussole est mise en station sur le sommet B; on observe en retour A et le sommet C, et on inscrit les angles. Mais le côté B ne peut être mesuré. On met la boussole en station sur le sommet C; on observe en retour B, en avant le point D; on inscrit les deux angles dans la colonne des points du polygone. On observe le point A; l'angle est inscrit dans la colonne des points isolés. Le côté CD ne peut être mesuré. La boussole est mise en station sur le sommet D; on observe en retour C, en avant DE; on inscrit les deux angles dans la colonne des points du polygone; on observe A, et comme moyen de vérification le sommet B, et les angles sont enregistrés dans la colonne des points isolés. Le côté DE ne peut être mesuré. La boussole est mise en station sur le sommet E; on observe en retour D, en avant A; on inscrit les angles; on observe comme moyen de vérification les sommets B et C; on enregistre les angles dans la colonne des points isolés. En procédant ainsi sur tous les sommets d'un po-

lygone, quel que soit le nombre de ses côtés, on pourra, suivant la méthode des recoupements, parvenir aux données nécessaires pour en faire la construction sur l'épure.

Les exercices de la pratique de cette construction nous ont fait connaître les procédés graphiques que l'on emploie pour l'exécuter. Nous avons vu que le rayon d'observation du sommet C du polygone sur le sommet A, construit sur la projection de ce dernier, tracé le long du diamètre du rapporteur et prolongé jusqu'à l'indéfinie BC, détermine, par recoupement avec cette ligne, la projection du sommet C, et par conséquent la longueur en projection du côté BC, que l'on a supposé ne pouvoir être mesuré directement. On a vu qu'en procédant d'une manière analogue pour la construction des rayons d'observation dirigés de D et de E sur A, on a pu, par le recoupement, déterminer la projection des sommets D et E, et la longueur des côtés CD, DE et EA, que l'on a aussi supposés ne pouvoir être mesurés directement. De ce que la boussole est orientée par l'aiguille aimantée dans toutes les positions où on peut la placer, il résulte qu'il suffit de pouvoir observer deux points du terrain déjà projetés sur l'épure, pour déterminer la projection d'un point isolé quelconque sur lequel on stationne. Qu'il s'agisse, par exemple, de relever par le recoupement le point isolé O. Étant en station sur ce point, on observe les deux sommets A et E. On construira les rayons d'observation sur la projection de ces sommets, et par leur intersection ils fixeront la projection cherchée du point O, qui sera ainsi déterminé, comme s'il eût été observé des points A et E.

Pour vérifier l'exactitude des résultats de ces opérations, on observe de la même station d'autres points déjà projetés sur l'épure, tels que ceux des sommets B, C, D, et on aura bien opéré, si, par construction, les rayons d'observation passent exactement par la projection du point O.

DES EXERCICES PRÉPARATOIRES DANS LES SALLES SUR LA PRATIQUE DES LEVERS.

L'application des instruments aux opérations des levers se fait, pour en acquérir la pratique, par des exercices sur le terrain. Ces opérations se répètent jusqu'à ce que l'on soit parvenu à les exécuter avec exactitude, et que l'on ait bien compris les méthodes et les procédés techniques élémentaires qui forment la base de cette instruction. Pour préparer les élèves à cette étude, la rendre plus facile et abréger le temps que l'on devra lui consacrer, nous avons essayé d'expliquer les opérations à faire sur le terrain au moyen du polygone élémentaire tracé sur une tablette, par exemple, d'un mètre de côté, et sur laquelle le polygone est construit. On opère sur ce polygone comme on devra le faire sur celui du terrain; on enregistre les résultats de ces opérations, et avec ces données, on construit le polygone sur la feuille d'épure. Les résultats de ces levers, si l'on excepte l'usage des instruments, sont, sous le rapport de l'instruction, les mêmes que ceux qui peuvent résulter du même lever sur le terrain, et lorsqu'on a terminé ces exercices, il ne reste réellement plus à apprendre que la pratique des instruments.

SIMULACRE DU LEVER AU MÈTRE D'UN POLYGONE D'APRÈS LES MÉTHODES DU CHEMINEMENT, DES INTERSECTIONS ET DES RECOUPEMENTS.

La tablette est posée sur une table; les sommets du polygone sont signalés par des aiguilles; on en fait un croquis sur un papier particulier, ainsi que le tracé des triangles que l'on se propose de lever, et sur lesquels on cote les mesures prises de leurs côtés, comme si l'on opérait sur le terrain, afin de construire ensuite le polygone sur l'épure d'après ces données.

Pour le simulacre du lever d'un polygone au mètre par le cheminement, on opère comme nous l'avons expliqué (pl. II, fig. 1.re). On mesure le côté AB sur la ligne qui joint ses deux sommets. Cette mesure s'exécute avec deux doubles décimètres, en les plaçant successivement bout à bout, comme on le fera avec le quadruple mètre sur le terrain; on cote les résultats de cette mesure sur le croquis.

Sur le côté AB prolongé du côté de B jusqu'à *b*, on construit le triangle *b*B*b'*. Le côté B*b'* est pris sur BC. Supposons que la longueur de ces côtés, qui peut être la même, soit de 12^{m},00; le troisième côté *bb'* sera mesuré, et on pourra construire le triangle; on mesure le côté BC du polygone, et on cote ces mesures sur le croquis. On opère de la même manière pour la mesure des triangles que l'on compose sur les sommets C, D et E, et l'on cote également sur le croquis les mesures prises de leurs côtés et celles des côtés du polygone. Alors le croquis présente les données nécessaires pour

faire sur la feuille d'épure la construction du polygone levé d'après la méthode du cheminement.

Le point isolé O se détermine par des droites dirigées des sommets A, B, C, D et E sur ce point. La position de ces droites est fixée par des triangles dont on mesure les côtés. Ces mesures sont écrites sur le croquis. On construit sur l'épure ces triangles, qui ont chacun un de leurs côtés prolongés, et si l'on a bien opéré, ces prolongements passeront par un même point *o*, qui sera la projection du point isolé O de la tablette.

Le lever au mètre d'un polygone par la méthode des intersections (pl. II, fig. 4) s'exécute en mesurant le côté AB. On cote les résultats de cette mesure sur le croquis. Des sommets A et B on trace des droites que l'on fait passer par les sommets C, D et E; on fixe la position de ces lignes par rapport à AB au moyen de triangles dont on mesure les côtés. On écrit ces mesures sur le croquis, qui présente alors toutes les données nécessaires pour construire sur l'épure les sommets C, D, E, et cette construction est achevée en joignant B à C, C à D, D à E, et E à A. Du point quelconque F, pris sur AB, on mène des droites FC, FD et FE, que l'on fixe de position, comme les premières, au moyen de triangles; et si l'on a bien opéré, ces lignes, par construction, passeront exactement par les sommets C, D et E, déterminés par l'intersection des premières.

Le lever au mètre d'un polygone par la méthode des recoupements (fig. 5) s'exécute comme par le cheminement, pour ce qui regarde la composition des triangles de ses sommets; les mesures de leurs côtés sont cotées

sur le croquis. Mais on mesure seulement le côté AB du polygone. On suppose que les côtés BC, CD, DE et EA ne peuvent l'être directement, et que l'on ne peut arriver à connaître leur longueur que par les opérations du recoupement, qui consistent à joindre les sommets C, D et E à A par des droites dont la position est déterminée par des triangles composés et mesurés sur ces sommets. Ces triangles sont construits, dans des positions quelconques, sur les indéfinies Bx, Cx' et Dx''. Un côté xx'', $x'x'''$ et $x''x^v$ de chacun de ces triangles étant prolongé jusqu'à y, y' et y'', sera, par construction, parallèle aux lignes cherchées CA, DA et EA, sur lesquelles on amène ces prolongements avec la règle et l'équerre, en les conduisant parallèlement à eux-mêmes, de manière à passer par la projection du sommet A; ils coupent alors les indéfinies Bx, Cx' et Dx'' en des points qui sont la projection des sommets C, D et E, et la longueur des côtés BC, CD, DE et EA, qui n'ont pu être mesurés directement, est ainsi déterminée par la méthode des recoupements.

Le point isolé O, sur lequel on stationne, est relevé par les recoupements en le joignant par des droites aux sommets A, B, C. On fixe la position de ces lignes par des triangles dont on mesure les côtés; on les construit sur un papier transparent que l'on place sur l'épure de manière que leurs trois côtés passent en même temps par la projection de leurs points respectifs A, B, C. Alors le sommet commun aux deux angles étant piqué sur l'épure, sera la projection du point isolé O. Pour vérifier ce résultat, on joint le point O aux sommets

D et E; ces lignes sont fixées de position, et si les côtés Oo''' et Oo'' passent, par construction, par les sommets D et E, on pourra en conclure que le point O et les sommets du polygone ont été déterminés avec exactitude.

SIMULACRE DU LEVER D'UN POLYGONE AVEC L'ÉQUERRE D'ARPENTEUR.

Le lever du polygone sur la tablette avec l'équerre d'arpenteur (pl. V, fig. 12) s'exécute, par la première méthode, en prenant pour base un de ses côtés, comme AB, sur lequel on abaisse des perpendiculaires des sommets C, D et E. On mesure leur longueur et les distances respectives entre leurs pieds, de *a* à A, de A à *b*, de *b* à B et de B à *c*. Ces mesures sont cotées sur le croquis, et on a les données nécessaires pour construire le polygone sur la feuille d'épure.

Pour exécuter ces opérations sur la tablette, on place une règle qui joint les sommets A et B. Elle remplace le cordeau et le quadruple mètre, dont on se servira sur le terrain pour marquer la trace de la ligne qui joint ces deux sommets. L'équerre d'arpenteur est remplacée par une équerre en bois *d*. Un des côtés de l'angle droit de cette équerre est placé contre la règle; une deuxième règle *r* est tenue sur son autre côté, et cet appareil de l'équerre *d* et de la règle *r* est mu le long de la première règle jusqu'à ce que la face *ae* de la deuxième se trouve exactement sur le sommet E. Alors l'angle *a* de l'équerre marquera, sur la base prolongée, le pied de la perpen-

diculaire *a*E. En opérant de la même manière, on détermine le pied de la perpendiculaire *b*D, et sur la base prolongée, celui de la perpendiculaire *c*C.

Le lever du polygone par la deuxième méthode (fig. 13) se rapporte à une base prise à son intérieur, et qui joint deux de ses sommets, par exemple, A et C. On place la première règle sur cette base, et au moyen de l'équerre et de la deuxième règle, on détermine les perpendiculaires *a*E, *b*B et *c*D. On mesure ces perpendiculaires et les distances respectives entre leurs pieds, on écrit le résultat de ces mesures sur le croquis, et on a les données nécessaires pour construire le polygone sur la feuille d'épure.

Par la troisième méthode, le lever à l'équerre d'arpenteur (fig. 14) se rapporte à deux bases LM et MN prises en dehors de ce polygone. Elles se tracent sur la tablette de manière à former un angle approchant le plus possible de l'angle droit, et qui se relève au moyen d'un triangle dont on mesure les côtés. La mesure des bases est écrite sur le croquis. Sur la première base, on fait la recherche du pied des perpendiculaires abaissées de E sur *a*, de A sur *b*, de D sur *c*, de B sur *d*, de C sur *e*, et sur la deuxième base, celle du pied des perpendiculaires B*f*, A*g*, C*h*, E*i* et D*k*. On mesure les distances respectives entre les pieds de ces perpendiculaires, et on les cote sur le croquis, qui alors offre les données nécessaires pour construire le polygone sur la feuille d'épure.

SIMULACRE DU LEVER D'UN POLYGONE AVEC LA PLANCHETTE.

Le simulacre du lever sur la tablette d'un polygone avec la planchette s'exécute en prenant pour planchette (pl. V, fig. 1.re) un papier coupé en carré de 7 ou 8 centimètres de côté, par exemple, comme KL.

Pour exécuter ce lever par la méthode du cheminement (pl. IV, fig. 9), la base AB est mesurée avec le double décimètre, et projetée d'après l'échelle, sur la planchette de papier, par la ligne *ab*. Cette planchette est mise en station, le point de projection *a* sur son correspondant A de la tablette; elle est fixée sur ce point par une aiguille, et orientée sur B, en amenant *ab* dans la direction de *a*B. On observe de cette station le point isolé O au moyen d'une règle qui fait fonction d'alidade, et que l'on appuie contre l'aiguille *a* et celle qui signale le sommet O, et on trace sur la planchette, le long de la règle, par une indéfinie, la projection du rayon d'observation.

La planchette est mise en station sur le sommet B, le point de projection *b* sur son correspondant B, où il est fixé par une aiguille; elle est orientée sur le sommet A, et de la même station on observe avec la règle le point isolé O et le sommet C. On fait le tracé des rayons d'observation sur la planchette, on mesure le côté BC, et d'après cette mesure, on construit à l'échelle le point de projection *c*.

La planchette est mise en station sur le sommet C, le point de projection *c* sur son correspondant C; elle

est orientée sur le sommet B; on observe le point isolé O et le sommet D; on mesure le côté CD, et on projette le point *d* sur la planchette, qui est ensuite mise successivement en station sur les sommets D et E, desquels on observe le point isolé O, ainsi que les sommets E et A, dont on détermine la projection sur la planchette en opérant comme sur les sommets précédents. Et l'on aura bien opéré sur tous les sommets du polygone, si le rayon d'observation du sommet E sur A passe exactement par le point de projection *a*, déjà construit sur la planchette, et si les rayons d'observation dirigés sur le point isolé O des sommets du polygone passent exactement par la projection de ce point.

Pour le lever du polygone sur la tablette par la méthode des intersections (pl. V, fig. 1.re), le côté AB, pris pour base, est mesuré; cette base est projetée sur la planchette par la ligne *ab*, d'après l'échelle du lever. La planchette est mise en station au sommet A, le point de projection *a* sur son correspondant A; elle est orientée sur le sommet B. La règle est appuyée contre l'aiguille de *a;* de ce point elle est amenée successivement sur les sommets C, D et E, et les rayons d'observation de *a* sur ces points sont tracés par des indéfinies le long de la règle.

La planchette est mise en station sur le sommet B, autre extrémité de la base; le point de projection *b* est sur son correspondant B; elle est orientée sur A. La règle est appuyée contre l'aiguille du point *b;* en tournant sur ce point, elle est amenée successivement sur les sommets C, D et E; et les rayons d'observation

tracés le long de la règle, ainsi que ceux observés du sommet A, déterminent par intersection la projection de ces sommets.

La planchette est mise en station au point F, pris sur la base AB. De cette station on observe les sommets C, D et E. Si l'on a bien opéré, les rayons d'observation tracés sur la planchette passeront exactement par les points de projection *c*, *d* et *e*.

Le lever du polygone par la méthode des recoupements (fig. 2) s'exécute sur la tablette en mesurant le côté AB, que l'on construit sur la planchette de papier par la ligne *ab*. La planchette est mise en station sur le sommet B, le point de projection *b* sur son correspondant B. Elle est orientée sur le sommet A. On observe le sommet C; on trace le rayon d'observation par une indéfinie bx. La planchette est mise en station sur le sommet C; elle est orientée sur xbB. On observe de *a* le sommet A; le rayon d'observation, tracé sur la planchette et prolongé jusqu'à l'indéfinie Bx, détermine avec cette dernière un point x, ainsi que la projection d'une longueur Bx, qui peut être plus courte ou plus longue que celle du côté BC, que l'on cherche. On enlève la planchette, et on mesure la distance de la projection de x sur la tablette au sommet C. Cette distance est portée d'après l'échelle sur la planchette; elle détermine en *c* la projection du sommet C, et *cb* de la planchette est proportionnelle au côté CB de la tablette, dont la longueur est déterminée par l'opération du recoupement, comme si on l'avait mesurée directement.

La planchette est mise de nouveau en station, le point

de projection *c* sur le sommet C. Elle est orientée sur B, et on observe le point A; et on aura bien opéré pour la recherche du point de projection *c*, si le rayon d'observation dirigé de *c* sur A passe en même temps par *a* qui est sa projection.

De la même station C on observe le sommet D; on fait le tracé du rayon d'observation par une indéfinie Cx'. La planchette est mise en station vers le sommet D; elle est orientée sur $x'c$C; on fait la recherche de la projection du sommet D comme on a fait celle du sommet C, en observant A. Ce point de projection trouvé, on observe le sommet E; lorsqu'on a trouvé le point de projection du sommet E, on observe le sommet A; et si l'on a bien opéré, le rayon d'observation passera exactement par ce dernier point.

SIMULACRE DU LEVER D'UN POLYGONE AVEC LA BOUSSOLE SUIVANT LES TROIS MÉTHODES DU CHEMINEMENT, DES INTERSECTIONS ET DES RECOUPEMENTS.

Pour le simulacre du lever d'un polygone sur la tablette par la méthode du cheminement (pl. V, fig. 9), la boussole est suppléée par le rapporteur. On trace par les sommets du polygone des lignes *n*, *s*, que l'on considère comme étant celles des méridiennes magnétiques, et sur lesquelles on opère pour la mesure des angles comme on le ferait sur le terrain avec l'aiguille de la boussole. Par exemple, pour mesurer l'angle que fait avec la méridienne le côté AB, observé de A, on place contre les aiguilles qui signalent les deux sommets A et

B, une règle r, contre laquelle on appuie le diamètre du rapporteur, dont la demi-circonférence sera au-dessus ou au-dessous de la règle, selon que l'angle à observer sera à la droite de la méridienne, comme $a+b$, ou à sa gauche, comme l'angle c. Le centre du rapporteur est sur le sommet de l'angle, et la méridienne marque sa mesure du côté du sud, si l'angle est à droite, et du côté du nord, s'il est à gauche. Ainsi l'angle que fait avec la méridienne le côté AB, observé de A, est à droite, et le rapporteur est placé contre la règle du côté du sud; la trace de la méridienne indique alors, sur la division de sa deuxième demi-circonférence, la mesure de l'angle observé, qui sera égal à a de 180° $+b$.

L'angle que fait avec la méridienne le même côté AB, observé de B sur A, est à gauche. Le rapporteur est placé contre la règle du côté du nord, et la trace de la méridienne marque sur la division de sa première demi-circonférence la mesure de l'angle observé, qui sera égal à c. On remarque que les angles b et c, comme alternes-internes compris entre deux parallèles, sont égaux, et que l'angle $a+b$ est égal à l'angle $c-a$ ou moins 180°. C'est ce qui aura lieu, si l'on a bien opéré sur l'un et l'autre sommet.

Des sommets A et B on a observé un point isolé O; l'angle A est à la droite et l'angle B à la gauche de la méridienne. La règle est placée sur A et sur l'aiguille qui signale le point O, et le diamètre du rapporteur contre sa face de droite, son centre sur le sommet A; la méridienne marque du côté du sud, sur la division de

la deuxième demi-circonférence, la mesure de l'angle observé, qui est égal à $a+b+d$.

La règle est placée sur B et sur l'aiguille qui signale le point O, et le diamètre du rapporteur contre la face de gauche de la règle, son centre sur le sommet B; la méridienne marque du côté du nord la mesure de l'angle observé, qui est égal à $c-x$.

Si l'on opère de la même manière sur les autres côtés du polygone, que l'on mesure ces côtés, et que les angles mesurés, ainsi que la mesure des côtés, soient inscrits dans les colonnes d'un registre préparé d'avance, ce registre contiendra les données nécessaires pour construire le polygone levé par la méthode du cheminement avec le rapporteur, comme s'il l'eût été avec la boussole.

Continuant à opérer, la règle est placée sur les sommets B et C; on observe de B sur C l'angle $a'b'$, et de C sur B l'angle c', comme on a mesuré sur A l'angle ab, et sur B l'angle c. On a mesuré le côté BC comme le côté AB; enfin, les opérations faites sur le deuxième côté du polygone sont en tout semblables à celles faites sur le côté AB, et elles seront les mêmes pour tous les autres côtés, quel que soit leur nombre.

Le simulacre du lever d'un polygone avec la boussole, d'après la méthode des intersections, consiste à prendre pour base un de ses côtés, comme AB (fig. 10), et à observer de ses extrémités A et B les autres sommets C, D et E; les rayons d'observation déterminent alors par intersection la projection de ces sommets.

Pour opérer sur la tablette, on place la règle sur le côté AB, et on mesure la longueur de ce côté. Du som-

met A on observe sur B, avec le rapporteur, l'angle $a+b$; la règle, tournant sur le point A, est amenée successivement sur les sommets C, D et E, et avec le rapporteur on mesure les angles $a+b+c$, $a+b+c+d$, et l'angle e.

La règle est ramenée sur AB, et avec le rapporteur, sur le sommet B, on mesure l'angle en retour f. La règle tournant sur B, est amenée successivement sur les sommets C, D et E, et avec le rapporteur on mesure l'angle $g+h$ et les angles i et $i+k$.

La mesure de l'angle $a+b$, de l'angle f, et la longueur de la base ayant été inscrites dans les deux premières colonnes du registre, et la mesure des angles observés de A et de B sur les sommets C, D et E étant inscrite dans la colonne des points isolés, le registre contiendra les données nécessaires pour construire sur la feuille d'épure le polygone levé à la boussole par la méthode des intersections.

Le simulacre du lever d'un polygone à la boussole sur la tablette, par la méthode des recoupements (fig. 11), se rapporte, comme celui des intersections, à un de ses côtés pris pour base, en stationnant, pour observer les angles, sur chacun de ses sommets.

On opère sur la tablette en plaçant la règle contre les aiguilles qui signalent les sommets A et B du côté du polygone pris pour base. On mesure la longueur de ce côté, et on inscrit cette mesure dans la deuxième colonne du registre. Du sommet A on observe B, et avec le rapporteur on mesure l'angle $a+b$. Du sommet B on observe sur A l'angle en retour c, et l'angle $d+e$ sur

le sommet C. Du sommet C on observe l'angle *f* en retour sur B, l'angle *g* sur A, et l'angle *h* sur D. Du sommet D on observe l'angle $i+k$ en retour sur C, l'angle *l* sur A, et l'angle *m* sur E. Du sommet E on observe l'angle $n+o$ en retour sur D, et enfin l'angle $q+r$ sur le point de fermeture A.

Les angles des sommets du polygone ayant été inscrits dans la première colonne du registre, et la mesure de ceux observés de ces sommets sur le point A étant inscrite dans la colonne des points isolés, le registre contient toutes les données nécessaires pour construire sur la feuille d'épure le polygone levé par les recoupements. On connaît les opérations à faire pour exécuter cette construction.

DES EXERCICES PRÉPARATOIRES POUR LE LEVER DES DÉTAILS DU TERRAIN.

Les opérations du lever des détails sont une application de celles des levers au mètre et à l'équerre d'arpenteur. Pour faciliter l'étude de ce genre de lever sur le terrain, on l'exécute d'abord sur les tablettes comme celui du canevas.

Soit, par exemple, le polygone élémentaire ABCDE (pl. III, fig. 1.re) tracé sur la tablette, et sur lequel on a construit les détails qui ont pu être rapportés à ses côtés et à ses lignes complémentaires. Le polygone étant supposé levé et construit sur la feuille d'épure, on s'occupe du lever des détails, que l'on exécute sur la tablette comme nous l'expliquons par la figure 2, pour les opérations du lever sur le terrain.

Ainsi que nous l'avons vu, le simulacre du lever au mètre et à l'équerre d'arpenteur sur la tablette s'exécute avec le double décimètre, la règle et l'équerre en bois.

S'il s'agit d'exécuter sur la tablette le lever des détails qui se rapportent au côté AB du polygone, on aura d'abord fait un croquis de ces détails; et pour opérer, la règle qui supplée au cordeau et au quadruple mètre, est appuyée contre les aiguilles qui signalent les sommets A et B. Un des côtés de l'angle droit de l'équerre est mis contre la règle, tandis que l'autre est dans la direction de la perpendiculaire. On fait mouvoir l'équerre le long de la règle; on l'arrête successivement sur les points de détails, desquels on abaisse des perpendiculaires sur la ligne de base; on fait le tracé de leur projection; on mesure leur longueur et les distances respectives entre leurs pieds; on écrit ces mesures sur le croquis, et les points qu'elles déterminent étant joints par des droites ou des courbes, sont la projection du contour des détails, et le croquis coté comprend les données nécessaires pour construire sur l'épure les détails qui ont pu être rapportés au côté AB du polygone.

On fera le croquis des détails qui se rapportent aux côtés du polygone BC, CD, DE et EA, et sur la tablette le lever de ces détails, d'après lesquels on cotera les croquis, comme on a coté celui des détails qui se rapportent au côté AB, et on aura les données nécessaires pour construire sur l'épure les détails qui ont pu être rapportés à la droite et à la gauche de tous les côtés du polygone.

Pour achever le lever des détails, on le rapporte aux

lignes complémentaires du canevas. Par exemple, le lever des détails intérieurs dont le contour se rapporte au côté AB du polygone, s'exécute sur les lignes complémentaires *l*, *m* et *n*, qui conduisent dans l'intérieur des propriétés G, H et I. On opère sur ces lignes comme on l'a expliqué pour les opérations du lever sur le terrain; on cote le croquis d'après les résultats de ces opérations, et ce croquis présente les données nécessaires pour construire sur l'épure les détails intérieurs. On répète les mêmes opérations pour le lever sur la tablette des détails intérieurs dont le contour se rapporte aux autres côtés du polygone, et les croquis cotés présentent également les données nécessaires pour la construction complète des détails circonscrits par le polygone.

Pour bien comprendre les rapports qui existent entre les opérations du lever du contour des bâtiments et celles du lever de leurs détails intérieurs, on exécute sur la tablette, par exemple, celui de la propriété G; on en fait le croquis, et ce croquis coté (pl. IV, fig. 2), présente les données nécessaires pour construire l'épure de ce lever sur une feuille particulière.

Les exercices du lever sur la tablette se continuent par celui des détails dont les croquis cotés ont servi à l'enseignement du dessin et à la construction de l'épure topographique, expliqués par les figures du premier volume, pour le lever des bâtiments et des détails du terrain. Ces détails des bâtiments et du terrain sont tracés sur la tablette; ils sont levés, et d'après les croquis cotés de ces levers, construits sur l'épure.

Ces derniers exercices du simulacre des levers suffisent pour rendre les élèves capables de les exécuter sur le terrain avec la même exactitude qu'ils sont parvenus à le faire sur la tablette, parce que ces deux genres de levers, sous les rapports des moyens d'exécution et de l'exactitude de leurs résultats, ne diffèrent entre eux qu'en ce que le dernier exige la pratique de l'usage des instruments, objet principal des exercices à faire sur le terrain. Pour qu'il en soit ainsi, et puisque cela est possible, il est donc nécessaire de répéter les exercices des levers sur la tablette, jusqu'à ce que l'on soit parvenu à les exécuter avec l'exactitude, la facilité et la promptitude que l'on exigera pour ceux que l'on devra exécuter sur le terrain, lorsqu'on aura acquis la pratique de l'usage des instruments. Il paraîtra évident, lorsqu'on aura fait l'essai de ce mode d'enseignement, qu'il est plus facile pour le professeur, mieux compris par les élèves, et qu'il exige beaucoup moins de temps que s'il était donné d'abord sur le terrain.

EXERCICES PRÉPARATOIRES SUR L'USAGE DES INSTRUMENTS QUE L'ON EMPLOIE POUR LES LEVERS TOPOGRAPHIQUES.

Le mécanisme et l'usage des instruments sont expliqués par le professeur avant qu'il n'enseigne la manière d'appliquer ces instruments à la pratique des opérations des levers. Ces explications ont pour objet d'abréger le temps qu'on devra consacrer à l'étude de cette pratique.

Ainsi, pour faire seulement connaître aux élèves le

mécanisme et l'usage des instruments, et les moyens à employer pour en acquérir la pratique, on les exercera d'abord,

1.° A la mesure des lignes topographiques avec les règles, ensuite avec la chaîne, et enfin au pas;

2.° A la mise en station de la planchette, à l'usage de l'alidade et du déclinatoire;

3.° A la mise en station de la boussole;

4.° A la mesure des trois côtés d'un triangle avec le mètre.

Ces exercices qui font comprendre aux élèves l'emploi de différents instruments perfectionnés, et admis d'après l'expérience pour les levers topographiques, donnent occasion au professeur d'en tracer l'historique, de faire connaître ceux qui ont d'abord servi aux mêmes opérations, et enfin les instruments tels que la stadia, la lunette de Rochon, l'équerre à réflexion, le goniomètre, etc., dont l'expérience n'a pas encore prouvé l'utilité pour les opérations topographiques. Comparant tous ces instruments entre eux, le professeur explique aux élèves les motifs qui ont fait préférer ceux avec lesquels il va les exercer à la pratique pure des levers.

EXERCICES DE LA PRATIQUE DES LEVERS SUR LE TERRAIN.

Les exercices de la pratique des levers sur le terrain consistent à mesurer des lignes et des angles, et à répéter avec les instruments les opérations élémentaires des levers que l'on a exécutés sur la tablette.

On s'exerce à la pratique de la mesure des lignes sur un terrain choisi d'avance. On opère sur une distance donnée de 100 à 120 mètres, d'abord avec l'appareil des règles à mesurer les bases, ensuite avec le quadruple mètre, puis avec la chaîne, et enfin au pas ; et on répète ces différents mesurages jusqu'à ce que l'on ait bien compris l'usage des instruments, et acquis assez de pratique pour opérer avec exactitude.

La mesure des lignes avec l'appareil des règles à mesurer les bases s'exécute par cinq élèves réunis : quatre s'occupent de leur manœuvre, et le cinquième de la direction de l'opération de la mise en contact et de l'enregistrement des mesures. Chaque élève remplit cette fonction à son tour, et il en résulte que l'on répète cinq fois la même mesure.

La mesure des lignes avec le quadruple mètre s'exécute par deux élèves, qui le placent alternativement bout pour bout, suivant la longueur de la ligne ; ils répètent quatre fois ce mesurage.

La mesure de la même ligne avec la chaîne s'exécute par deux élèves. Ce mesurage est répété quatre ou cinq fois.

Pour le mesurage au pas, il s'exécute sur une ligne divisée en parties égales de 10 mètres, que l'on a marquées sur le terrain par des piquets ou des fiches en fer. Les élèves s'exercent d'abord sur ces distances, pour connaître le rapport de la longueur de leur pas avec le mètre, pour rectifier ce rapport, et ensuite mesurer la ligne suivant toute sa longueur ; ils répètent cet exercice jusqu'à ce qu'ils aient compris la possibilité de régler la

longueur de leur pas, pour qu'il soit dans un rapport déterminé avec le mètre.

Les éléments de la mesure des lignes avec le quadruple mètre s'appliquent au lever d'un polygone d'après la méthode du cheminement, des intersections et des recoupements. Ils s'appliquent également à la mesure des abscisses et des ordonnées du polygone levé avec l'équerre d'arpenteur, ainsi qu'à la mesure des côtés du polygone levé avec la planchette, et ensuite avec la boussole.

Le lever du polygone au mètre, d'après les trois méthodes, s'exécute, comme on l'a expliqué (pl. II, fig. 1, 4 et 5), par trois élèves. Deux d'entre eux s'occupent des mesurages; le troisième de leur inscription sur le registre et de la direction des opérations. Chaque élève à son tour remplit ces fonctions, d'où il résulte que l'on répète trois fois le même lever d'après chacune des méthodes, et pour les trois méthodes, le polygone se trouve avoir été levé neuf fois.

Le lever du polygone avec l'équerre d'arpenteur (pl. II, fig. 14, 15 et 16) s'exécute par trois élèves. Deux de ces élèves s'occupent des mesures, et le troisième les inscrit sur le croquis et dirige les opérations. Comme les deux autres élèves doivent à leur tour remplir les mêmes fonctions, le polygone aura été levé trois fois par chaque méthode, et neuf fois pour les trois méthodes.

Le lever du polygone avec la planchette, et ensuite avec la boussole, s'exécute (pl. IV et V), d'après les trois méthodes, comme les précédents, par trois élèves qui répètent ce lever trois fois pour chaque méthode.

Il faut insister sur la répétition des exercices sur les éléments des levers, sur l'observation des méthodes et les principes enseignés pour l'usage des instruments, et obliger les élèves à opérer lentement, afin de mieux comprendre et d'exécuter avec toute l'attention et le soin possibles les opérations élémentaires, qui doivent les conduire à une connaissance complète du mécanisme et de l'usage des instruments.

Les moyens d'exécution du lever des détails topographiques sont dans les éléments du lever au mètre et à l'équerre d'arpenteur, dont on a acquis la pratique sur le terrain. Les exercices préparatoires de ce lever sur la tablette ont fait connaître l'ordre à observer dans la suite des opérations; on possède donc les connaissances nécessaires pour faire l'application de ces éléments à tous les genres de topographie. En conséquence, le professeur n'a donc plus rien à enseigner à ses élèves sur la pratique du lever des détails, et son cours des éléments des levers est achevé, pour ce qui a rapport à la pratique de celui que l'on peut désigner, à cause de ses résultats, sous le nom de description planimétrique des détails du terrain, et qui se complète, sur le même plan de projection, par le résultat des opérations du nivellement, que nous allons essayer d'expliquer dans le sixième cahier.

Le polygone sur lequel on exerce les élèves à la pratique de l'usage des instruments et à celle des éléments des opérations des levers, peut être, comme nous l'avons vu pour les exercices préparatoires sur la tablette, réduit à cinq côtés, et la longueur des côtés n'être que de 40 à 50 mètres, et même de moindre dimension,

ce qui permet d'entreprendre les exercices pratiques sur un terrain de peu d'étendue, dans une prairie, dans un jardin, dans une cour, même sous un hangar ou dans un manège. La figure du polygone est arbitraire, comme la longueur de ses côtés.

Un polygone suffit pour exercer trois élèves; et sur un terrain qu'il sera toujours facile de trouver, quatre polygones disposés convenablement pourront permettre au professeur de diriger les exercices pour douze élèves réunis par trois sur chaque polygone, sans que cette direction lui soit trop pénible.

FIN

DU CAHIER DES ÉLÉMENTS DE LA PRATIQUE DU LEVER DU CANEVAS ET DES DÉTAILS DU TERRAIN.

ENSEIGNEMENT

DES ÉLÉMENTS DE LA PRATIQUE

DU

NIVELLEMENT TOPOGRAPHIQUE.

SIXIÈME CAHIER.

DE LA PRATIQUE DU NIVELLEMENT TOPOGRAPHIQUE.

La projection horizontale des détails du terrain, qui résulte des opérations du lever, fait connaître seulement deux de leurs dimensions; la troisième, qui complète la description de ces détails, est le résultat des opérations du nivellement, par lesquelles on trouve la différence de hauteur entre deux points du terrain, et par des opérations successives et semblables, la différence de hauteur entre tous ceux dont la projection a été déterminée par les opérations du lever.

Les points à niveler se rapportent à une ligne horizontale par la mesure de leur distance verticale à cette ligne. L'horizontale est donnée par le niveau, et les dis-

tances sont mesurées avec une règle divisée, que l'on appelle *voyant*. L'horizontale se nomme la ligne du niveau apparent, et la courbe de la terre à laquelle elle est tangente, la ligne du niveau vrai.

La ligne du niveau apparent sur laquelle on opère produit, par son écartement progressif avec la courbe du niveau vrai, des erreurs que la théorie fait connaître et apprend à rectifier. Ces erreurs ne sont pas à considérer pour le nivellement topographique, qui ne s'applique qu'à des points distants entre eux au plus de 100 ou 120 mètres, et pour lesquels la différence entre le niveau vrai et le niveau apparent est de moins d'un millimètre; ce qui, dans la pratique du nivellement topographique, est inappréciable et de nulle importance.

Les niveaux avec lesquels on opère sont construits d'après ces principes : 1.° que la perpendiculaire au fil à plomb est horizontale; 2.° que deux points pris sur la surface des eaux calmes déterminent une horizontale; 3.° que la tangente à une bulle d'air laissée dans un tube de verre rempli d'un liquide est horizontale.

Le premier de ces principes sert de base au niveau à perpendicule, le deuxième au niveau d'eau, le troisième au niveau à bulle d'air.

DU NIVEAU A PERPENDICULE.

Des différents niveaux à perpendicule imaginés, perfectionnés et mis en pratique par les savants, tels que Picard, Huyghens, etc., on n'emploie plus que le

niveau de maçon pour le nivellement topographique, et seulement pour celui des levers au mètre de peu d'étendue. Il est pourtant nécessaire de faire connaître aux élèves les applications du principe de la verticale du fil à plomb à la construction des niveaux à perpendicule dont l'usage a été abandonné, ou qui s'emploient à d'autres travaux qu'à ceux de la topographie. Nous avons essayé d'expliquer brièvement le mécanisme et l'usage des plus remarquables de ces instruments, afin d'inspirer aux élèves le désir d'en faire une étude plus approfondie, et de lire les ouvrages qui les expliquent plus complètement que nous n'avons cru devoir le faire.

DU NIVEAU DE MAÇON.

Le niveau de maçon (pl. VI, fig. 1.re) se compose de trois règles en bois assemblées entre elles de manière à former un triangle équilatéral BAC, au sommet A duquel on suspend un fil à plomb AP, qui, en passant par le milieu de BC, forme avec ce côté deux angles droits BPA et CPA. Alors BC est perpendiculaire à la verticale AP, et par conséquent horizontale; et la règle LM sur laquelle on aura posé BC, sera également horizontale toutes les fois que le fil à plomb passera exactement par le milieu de BC, marqué par une ligne que l'on nomme *ligne de foi*.

Mais si l'on peut parvenir, au moyen du niveau, à placer la règle LM dans une position horizontale, on pourra aussi trouver la différence de hauteur entre deux

points du terrain, en mesurant leur distance verticale à cette horizontale.

Supposons que l'on ait, par exemple (fig. 2), à déterminer la différence de hauteur entre les points A et B. Pour opérer, la règle LM sera placée sur ces points, le niveau sur son milieu, et si le fil à plomb passe exactement par la ligne de foi, les deux points A et B seront à une égale distance de l'horizontale, et dans le même plan de niveau.

Si le point B, plus bas que A, est, par exemple, en B′, on mesure la distance verticale de ce point à b pris sur la règle, et bB′ est la quantité dont B′ est plus bas que A.

Que B, plus haut que A, soit en B″; alors la règle est placée, son bout M sur ce point, et pour être amenée dans une position horizontale, son autre bout L est relevé. On mesure la distance de a à A, et Aa est la quantité dont le point A est plus bas que B″.

Les deux points à niveler A et K (fig. 3) sont entre eux à une distance quelconque qui dépasse la longueur de la règle. Dans ce cas, on ne peut déterminer immédiatement leur différence de hauteur. Pour arriver à ce résultat, on opère par le cheminement sur des points intermédiaires dont les distances entre eux soient égales à la longueur de la règle. On opère successivement sur chacun de ces points, en les prenant deux à deux, et en répétant l'opération élémentaire, on parvient à connaître leurs différences de hauteur particulières, dont la somme est égale à la différence cherchée entre la position verticale du point A et celle du point K. L'opération au moyen de laquelle on conclut la différence de hauteur

entre deux points se nomme le nivellement simple, et le nivellement composé est celui qui exige, comme nous venons de l'expliquer, une suite d'opérations sur des points intermédiaires, en prenant successivement ces points pour repère du nivellement de celui qui suit.

C'est ainsi qu'on a trouvé (fig. 3) que la différence de hauteur entre les points A et B est de $0^m,20$; entre B et C, de $0^m,15$; entre C et D, de $0^m,10$; entre D et E, de $0^m,25$; entre E et F, de $0^m,30$; entre F et G, de $0^m,20$; entre G et H, de $0^m,25$; entre H et I, de $0^m,15$, et enfin entre I et K, de $0^m,20$. En ajoutant ces différences, on trouvera que leur somme est de $1^m,80$, qui est la hauteur de A au-dessus de K.

On trouvera également la différence de hauteur entre deux points quelconques de la série, par exemple, entre les points C et G; cette différence sera de $0^m,10+0^m,25+0^m,30+0^m,20=0^m,85$. La différence de hauteur entre les points F et I sera de $0^m,20+0^m,25+0^m,15=0^m,60$.

Pour rendre plus facile et plus prompte la recherche de la différence de hauteur entre les points nivelés, on rapporte ces différences à une horizontale LM ou NO, prise arbitrairement au-dessus du point le plus élevé, ou au-dessous du point le plus bas de ceux qui ont été nivelés. Ces lignes sont prises dans des plans horizontaux que l'on imagine dans l'espace, et que l'on nomme plan général de comparaison, supérieur ou inférieur.

Que le point A, que nous supposons le plus élevé, soit, par exemple, à 10 mètres au-dessous du plan de comparaison supérieur, ce nombre sera la cote de niveau du point A, que l'on écrira sur sa projection.

Si le point B est plus bas que A de $0^m,20$, sa distance au plan de comparaison sera augmentée de cette quantité; elle sera de $10^m,00+0^m,20=10^m,20$, que l'on écrit sur le point de projection de B. La cote du point C, augmentée de $0^m,15$, sera de $10^m,20+0^m,15=10^m,35$; celle du point D, augmentée de $0^m,10$, sera de $10^m,35+0^m,10=10^m,45$; la cote de E, augmentée de $0^m,25$, sera de $10^m,45+0^m,25=10^m,70$; celle du point F, de $10^m70,+0^m,30=11^m,00$; celle du point G, de $11^m,00+0^m,20=11^m,20$; celle du point H, de $11^m,20+0^m,25=11^m,45$; celle du point I, de $11^m,45+0^m,15=11^m,60$; enfin, la cote de niveau du point K est de $11^m,60+0^m,20=11^m,80$.

» En opérant d'une manière analogue, on trouvera la cote de chacun des points nivelés rapportée au plan général de comparaison inférieur, que nous supposons pris à 15 mètres au-dessous du point A.

» Le nombre 15 sera écrit sur la projection du point A, et sera sa cote de niveau. Le point B est plus rapproché du plan de comparaison que le point A de la quantité de $0^m,20$, sa cote sera donc de $15^m,00-0^m,20=14^m,80$; la cote du point C sera de $14^m,80-0^m,15=14^m,65$; celle du point D, de $14^m,65-0^m,10=14^m,55$; celle de E, de $14^m,55-0^m,25=14^m,30$; celle de F, de $14^m,30-0^m,30=14^m,00$; celle de G, de $14^m,00-0^m,20=13^m,80$; celle de H, de $13^m,80-0^m,25=13^m,55$; celle de I sera de $13^m,55-0^m,15=13^m,40$; enfin, la distance de K au plan général de comparaison est de $13^m,40-0^m,20=13^m,20$.

Les points nivelés, ainsi rapportés au plan général de

comparaison, peuvent facilement être comparés, pour connaître immédiatement leurs positions respectives. Par exemple, on veut connaître la différence de niveau qui existe entre le point A et le point K, entre les points C et G, entre B et H, enfin entre deux points quelconques de ceux qui ont été nivelés. On connaîtra cette différence par une simple soustraction, soit que ces points aient été rapportés au plan supérieur ou à l'inférieur.

On trouvera d'après les points A et K rapportés au plan de comparaison supérieur, que la différence de hauteur entre ces points est de $11^m,80-10^m,00=1^m,80$; que la différence de niveau entre les points C et G est de $11^m,20-10^m,35=0^m,85$, et que celle des points B et H est de $11^m,45-10^m,20=1^m,25$, etc.

Si l'on cherche la différence de hauteur entre les mêmes points d'après leurs cotes de niveau rapportées au plan inférieur de comparaison, on devra arriver aux mêmes résultats, et la différence de niveau entre les points A et K sera de $15^m,00-13^m,20=1^m,80$, la différence de niveau entre C et G sera de $14^m,65-13^m,80=0^m,85$, et celle des points B et H de $14^m,80-13^m,55=1^m,25$, etc.

Les cotes de niveau des points nivelés sont rapportées, par exemple, au plan de comparaison supérieur, et on veut connaître les cotes des mêmes points rapportées au plan inférieur. Pour cette opération, on détermine la distance qui doit exister entre les deux plans; elle sera, d'après notre exemple, du point A au plan supérieur, de $10^m,00$, et du même point au plan inférieur, de $15^m,00$. La distance cherchée entre les deux plans sera donc de

$10^m,00 + 15^m,00 = 25^m,00$, et la cote du point A, rapportée au plan inférieur de comparaison, sera de $25^m,00 - 10^m,00 = 15^m,00$; celle du point B, de $25^m,00 - 10^m,20 = 14^m,80$; celle du point C, de $25^m,00 - 10^m,35 = 14^m,65$. En répétant la même opération, on pourra ainsi conclure des cotes rapportées au plan supérieur de comparaison, celles qui l'auraient été au plan inférieur.

Du même point de repère A (fig. 4), on peut niveler des points isolés quelconques, B, C, D, E, et mesurer, par l'opération élémentaire, leur différence de hauteur avec le repère A. Nous supposons que le point B soit plus bas que A de $0^m,15$; C plus haut que A de $0^m,10$; D plus haut de $0^m,20$, et E plus bas de $0^m,14$. Si l'on connaît la cote du point A par rapport à l'un ou à l'autre plan de comparaison, par exemple, au plan supérieur, et qu'elle soit de $10^m,00$, la cote du point B, plus bas que A de $0^m,15$, sera de $10^m,00 + 0^m,15 = 10^m,15$; celle du point C, plus haut que A de $0^m,10$, sera de $10^m,00 - 0^m,10 = 9^m,90$; la cote du point D, plus haut que A de $0^m,20$, sera de $10^m,00 - 0^m,20 = 9^m,80$; enfin la cote du point E, plus bas que A de $0^m,14$, sera de $10^m,00 + 0^m,14 = 10^m,14$. On écrit les cotes sur la projection des points nivelés, et ce nivellement, que nous nommons celui du rayonnement, est achevé.

On veut faire sur le terrain la recherche des points à la même cote que celui de repère. Pour cette opération (fig. 5), le bout L de la règle est placé sur le point de repère A, et on la fait tourner sur ce point en descendant et en montant le long de la pente, jusqu'à ce que le fil à plomb du niveau passe par la ligne de foi. Alors

la règle sera horizontale, et ses deux extrémités L, M, marqueront des points A et B qui seront à la même cote, et par conséquent dans le même plan de niveau. On pourra, en répétant la même opération et en prenant successivement pour repères B, C, D, etc., déterminer une suite de points qui seront ceux des sections horizontales.

On veut déterminer sur le terrain, d'après des points de repère donnés, d'autres points qui soient au-dessus ou au-dessous de ceux-ci d'une quantité donnée.

Par exemple (fig. 6), le point de repère A est marqué sur le terrain, et il s'agit de trouver la projection d'un autre point B, qui soit plus bas que le premier de $0^m,70$. Pour opérer, le bout L de la règle est placé sur le repère A; elle est dirigée suivant la ligne sur laquelle doit se trouver le point à niveler, et amenée, au moyen du niveau, dans une position horizontale. Son extrémité M est élevée au-dessus du terrain de la quantité M*a* que l'on mesure, et que l'on suppose être de $0^m,25$. Le bout L de la règle est ensuite placé sur *a* pris pour repère; elle est amenée dans une position horizontale, et on mesure la distance de son bout M au point *b* du terrain, que l'on trouve être de $0^m,30$. Le bout L de la règle est placé sur *b* pris pour repère; elle est amenée dans une position horizontale, et on mesure la distance de son bout M au point *c* du terrain; on suppose cette distance de $0^m,22$.

On juge que la somme des distances verticales que l'on vient de mesurer se rapproche de $0^m,70$ de celle qui doit exister entre les points A et B; cette somme, qui

est de $0^m,25+0^m,30+0^m,22=0^m,77$, excède celle cherchée de la quantité $0^m,07$. On retranche ce nombre de $0^m,22$, hauteur de M au-dessus de *c* du terrain; il reste $0^m,15$ que l'on prend avec le mètre ou le double décimètre mené le long de la règle, en tenant cette mesure avec le fil à plomb dans une direction verticale jusqu'au point *m*, dont la distance au point B du terrain est exactement de $0^m,15$, et le point B ainsi déterminé est exactement au-dessous de A de $0^m,70$, parce qu'en effet la somme des différences rectifiée sera de $0^m,25+0^m,30+0^m,15=0^m,70$.

On pourra, comme nous le verrons plus tard, en procédant de la même manière, déterminer une suite de points qui seront ceux des profils du canevas des sections horizontales.

DU NIVEAU DE MAÇON A LUNETTE.

Le niveau de maçon ABC (fig. 7) étant monté sur un pied à genou D, sa base AB sera horizontale, lorsque le fil à plomb passera par la ligne de foi *p* de cette base. Si AB est horizontale, le rayon visuel dirigé suivant ce côté sur E par des pinnules ou une lunette sera également horizontal, et on pourra avec cet instrument niveler des points à d'assez grandes distances les uns des autres, et répéter les opérations que nous venons de faire avec le niveau de maçon simple.

Il s'agit, par exemple, de niveler les points E et F, pour en conclure leur différence de hauteur. Le niveau sera mis en station entre ces points en G; la règle di-

visée sera placée dans une position verticale sur E; on dirigera un rayon d'observation sur cette règle; on fera marquer son point de rencontre E'; on lira sur la division la hauteur de E à E', et on en prendra note. La règle divisée sera ensuite portée et mise dans une position horizontale sur le point F; on observera la règle; on fera marquer le point de rencontre F'; on lira sur la division la hauteur de F à F', qu'on retranchera de celle trouvée sur E, et la différence sera la hauteur de E au-dessus de F.

On comprend que, si on répète cette opération élémentaire (fig. 7 bis), on exécutera par les opérations du nivellement simple et du nivellement composé celui de tous les points dont la projection est le résultat des opérations des levers.

Le même niveau (fig. 8) peut servir à mesurer les angles verticaux des pentes. Pour cette opération, la base AB est divisée en parties égales, par exemple, en 200 parties. Elles sont numérotées par les nombres 10, 20, 30....... 100, à droite et à gauche du point zéro, qui est pris en *o* au milieu de la base.

Le fil à plomb étant sur zéro, le rayon d'observation qui passera par F sera horizontal. Si le point observé est G, le rayon visuel sera abaissé jusqu'à ce point; le fil à plomb s'écartera du point zéro qui est en *o* et passera par *x*; il formera avec C*o* le triangle C*xo*, semblable au triangle *o*GF; DE du terrain, de 50m,00, projection de DG=*o*F, est mesuré, et pour connaître la verticale FG, c'est-à-dire la hauteur de D au-dessus de G, on fera cette proportion :

$$oC\ (100\ \text{parties}) : ox\ (10\ \text{parties}) :: oF\ (50^{m},00) : GF = \frac{oF\ (50^{m},00) \times ox\ (10\ \text{parties})}{Co\ (100\ \text{parties})} = 5^{m},00 - oD = GE,$$

qui est la hauteur cherchée de D au-dessus de G.

Le niveau de maçon à lunette que nous avions adapté à la boussole, nous a servi pour nos premiers essais du nivellement et du lever des profils et des lignes horizontales. Nous l'avons ensuite remplacé par le niveau à bulle d'air.

NIVEAU DU FONTAINIER.

Des niveaux à perpendicule le plus simple, après le niveau de maçon, est celui du fontainier, connu à Constantinople sous le nom de *terazi*.

Le terazi (fig. 9) se compose, comme le niveau de maçon, d'un triangle isocèle ACB renversé. Le fil à plomb est suspendu en *o* au milieu de la base AB, de sorte que, quand il passe par le sommet C, la base AB est horizontale. Ce niveau est tenu par le milieu *o*, et par deux crochets *a* et *b*, à un cordeau DE de 30 ou 40 mètres, et le milieu *o* est exactement au milieu du cordeau, qui porte à chacune de ses extrémités D et E un anneau F, que l'on place dans le crochet des boîtes G engagées dans les règles divisées H, le long desquelles les boîtes sont montées ou descendues pour lever ou abaisser le cordeau, et l'amener à avoir ses deux extrémités dans la même horizontale, ce qui a lieu lorsque le fil à plomb du niveau passe exactement par la ligne de foi du sommet C. Alors le poids de l'instrument abaisse le centre du cordeau au-dessous de l'horizontale qui join-

drait D à E, et Do est égal à Eo; et avec la verticale élevée jusqu'à o' à l'horizontale DE, ces lignes forment deux triangles symétriques qui ont un côté vertical commun, et le côté o'D de l'un est égal au côté o'E de l'autre. Les deux triangles sont donc égaux, et les sommets E et D semblablement placés par rapport à la verticale oo'; les distances verticales de D à D' et de E à E' peuvent être mesurées, et la différence E''E' trouvée entre les résultats de ces mesures est celle de la hauteur du point D' au-dessus de E'.

On pourra ainsi, en répétant la même opération, et prenant E' pour repère, niveler successivement un nombre quelconque de points du terrain.

NIVEAU A PERPENDICULE DE PICARD.

Le niveau de Picard (pl. VII, fig. 1.re) se compose de boîtes rectangulaires AB et CD qui s'assemblent à angle droit. Elles sont en fer ou en cuivre, et ont de côté 5 ou 6 centimètres. Une de leurs faces forme un couvercle qui s'ouvre sur des charnières et se maintient fermé avec des crochets.

La première boîte AB, qui peut avoir un mètre ou 80 centimètres, est le tube de la lunette, aux extrémités duquel on ajuste, comme en A, l'oculaire et le réticule, et en B l'objectif. La boîte CD, dont la longueur peut être de $1^{m},60$, renferme le fil à plomb; celui-ci est suspendu du côté de C, et prolongé jusqu'à D dans un espace circulaire qui permet ses oscillations. Par le milieu du fond de la boîte, on a fait un trait qui est la ligne de

foi; lorsque le fil à plomb passe par la ligne de foi, le rayon visuel AB est horizontal. La boîte CD étant fermée, on observe le fil à plomb et la ligne de foi par une ouverture faite au couvercle vers D.

Le niveau est placé sur un chevalet EF par des arcs-boutants G et G′ fixés aux deux boîtes, et soutenus par les chevilles H et H′ du chevalet, au moyen desquelles on fait mouvoir l'instrument pour amener le fil à plomb dans la ligne de foi. Le bâton H est ajusté derrière la boîte CD; il peut monter et descendre le long de cette boîte, et lorsqu'il est à terre, il maintient le fil à plomb dans la direction qu'on lui a donnée.

La vérification du niveau de Picard est très-difficile, et c'est pour la rendre plus facile que Para a modifié ce niveau d'une manière avantageuse, et par des moyens très-simples, comme nous allons le voir.

NIVEAU A PERPENDICULE DE PARA.

Le niveau de Para (fig. 2), qui est une modification de celui de Picard, consiste en une lunette AB dont le tube cylindrique est en fer ou en cuivre, et de la longueur d'un mètre. Ses deux extrémités *a* et *b* sont enveloppées de viroles terminées suivant leurs deux arêtes *a′*, *b′*, par des bourrelets. Le centre *cd* de la lunette est enveloppé par une grande virole à laquelle est fixée solidement une plaque E. Sur son milieu, et perpendiculairement à AB, est vissée une règle en fer ou en cuivre CD de $1^{m},50$ de longueur et de 5 centimètres de large; elle est le fond de la boîte rectangulaire dans

laquelle est placé le fil à plomb. Cette boite est fixée par son milieu à la plaque E.

Le niveau est porté par deux chevalets F et G, dont les pieds F, G, sont fixés par assemblage aux chapeaux H, H'; les deux autres pieds F'G' sont rendus mobiles sur les chapeaux au moyen d'une charnière: c'est pour élever ou abaisser l'instrument suivant la nature du terrain sur lequel on opère.

Les deux pieds F et G sont tenus ensemble par une traverse I et par deux tringles en fer K et K'; ces tringles fixent les pieds à la traverse au moyen d'écrous *f*, *f'*.

La lunette est placée sur les chapeaux des chevalets dans une échancrure demi-circulaire, de la dimension des viroles de la lunette et de la largeur de l'espace compris entre leurs bourrelets, qui garantissent la lunette de l'avance et du recul.

Pour amener la lunette dans une direction horizontale, un de ses supports H' est rendu mobile au moyen d'une ouverture rectangulaire *g* faite au chapeau dans laquelle ce support est engagé à coulisse, et où il est mu par une vis de rappel *h*.

On pourra opérer avec le niveau, si l'axe de la lunette est perpendiculaire à la verticale du fil à plomb.

Pour s'assurer s'il remplit cette condition, on en fait la vérification, laquelle consiste à mettre l'instrument en station, par exemple, sur le point A pour observer B. Au moyen du support mobile, on amène le fil à plomb sur la ligne de foi, et on observe un jalon placé verticalement sur le point B. On fait marquer le point de rencontre du rayon d'observation sur le jalon.

La lunette est tournée sur elle-même dans ses bourrelets. La boite du fil à plomb est renversée; son sommet D est amené en C, et C se trouvera en D. On décroche le fil à plomb qui est en c pour le suspendre en d, et s'il passe exactement par la ligne de foi, et le rayon d'observation par B, on sera assuré que l'axe de la lunette est perpendiculaire à la verticale du fil à plomb, et on pourra opérer avec l'instrument.

NIVEAU A PERPENDICULE DE HUYGHENS.

Le niveau à perpendicule de Huyghens (fig. 3) se compose d'une lunette AB qui passe par une virole C, à laquelle sont fixées en dessus et en dessous, et dans le même plan, deux branches semblables D, D'. Au bout de ces branches sont des anneaux a et b. L'instrument est suspendu par l'anneau a au crochet C, et à l'anneau b est attaché un plomb E; ce dernier est renfermé dans la boite F, que l'on remplit d'huile pour fixer plus facilement le plomb.

Le niveau est suspendu à une croix en bois G; la boite F est fixée à cette croix, et pour garantir l'instrument du vent, il est couvert par une seconde croix dont les branches sont fixées par des crochets. Cette boîte a une petite ouverture vis-à-vis de E, pour voir la position du plomb par rapport à la ligne de foi.

L'instrument se vérifie en tournant la lunette sur elle-même. Alors les branches D, D', sont renversées; l'anneau est amené au point de suspension e, et le plomb E est accroché à a renversé.

NIVEAU A PERPENDICULE DE ROEMER.

Le niveau de Rœmer (fig. 4) est composé d'une boîte AB et CD qui a la forme d'une équerre. AB renferme la lunette. Un châssis E porte les fils du réticule. Une tige en fer CF et CG, ployée à angle droit, est placée, par son angle en C, sur l'arête d'un prisme maintenu aux deux faces intérieures de la boîte au moyen de deux supports. A l'extrémité de la branche CG, on fixe un plomb dont le poids soit suffisant pour tenir cette tige dans la verticale; alors la tige CF sera horizontale. CF est terminée par une petite branche en croix dont les extrémités sont relevées à angle droit; elles portent un fil en soie qui devra se trouver, en visant par l'oculaire de la lunette et le point observé, dans le même rayon visuel que le fil horizontal du réticule du châssis E; alors le rayon visuel sera parallèle à la règle FC, qui fait un angle droit avec CG de la verticale du plomb. FC sera donc horizontale, et le rayon visuel qui lui est parallèle l'étant également, on pourra niveler avec l'instrument.

Ce que nous venons de dire sur les diverses constructions des niveaux à perpendicule et sur leur usage, et les exercices qui auront lieu pour en acquérir la pratique, nous auront suffisamment fait comprendre l'exactitude à laquelle on peut atteindre en opérant avec ces instruments, et l'emploi que l'on peut en faire d'une manière plus ou moins avantageuse pour tous les genres de nivellement. On aura remarqué que si, par ces opérations, on obtient des résultats suffisants sous le rap-

port de l'exactitude, leur exécution est pénible, lente, et qu'elle ne s'applique que très-difficilement au nivellement des détails que la nouvelle topographie rend nécessaire, et que l'ancienne n'avait pas à considérer. On concevra enfin la nécessité dans laquelle on s'est trouvé d'abandonner ces instrumens pour d'autres avec lesquels il fût possible d'exécuter tous les genres de nivellement avec plus de facilité et de promptitude.

Pour satisfaire à ces conditions, on a adopté le niveau d'eau et le niveau à bulle d'air, dont nous allons essayer d'expliquer l'emploi.

DU NIVEAU D'EAU.

Le niveau d'eau, d'après son principe théorique, est un des plus simples et des plus exacts; mais, en pratique, les opérations faites avec cet instrument ne sont, à cause des difficultés que l'on éprouve pour observer, que d'une exactitude relative à des nivellements de détails de peu d'étendue; en outre, elles sont encore trop lentes pour le nivellement des détails topographiques d'une grande étendue, qui exigent en même temps, et d'une manière absolue, une bonne et prompte exécution.

Le niveau d'eau, comme le niveau à perpendicule, a été construit de différentes manières plus ou moins heureuses, et que nous essaierons d'expliquer pour arriver à celles de ces constructions que l'usage a fait adopter.

DU NIVEAU D'EAU DES ANCIENS, APPELÉ CHOROBATE.

Les Romains qui, pour la conduite des eaux, ont exécuté des travaux immenses, et qui exigeaient une connaissance complète du terrain, n'avaient, pour en faire le nivellement, qu'une pièce de bois AB (fig. 5) équarrie et creusée de manière à contenir de l'eau, à la surface horizontale de laquelle on rapportait les points du terrain par la mesure de leur distance verticale à cette surface.

D'après ce qu'en dit Vitruve, les anciens ne possédaient aucun instrument plus parfait, et si ce fait ne nous eût été révélé, on aurait pu penser, d'après l'étendue de leurs travaux, que, de leur temps, l'art de niveler avait été porté à un haut degré de perfection. On peut aussi en conclure que les études de leurs grands travaux devaient leur offrir des difficultés extrêmes. Il fallait qu'ils fussent continuellement en garde contre les fausses appréciations des pentes, ce qui les faisait opérer avec timidité, et en prenant beaucoup plus de pente qu'il n'en fallait pour conduire les eaux, parce qu'il leur était impossible de déterminer le minimum de cette pente, pour en conclure des constructions moins considérables et en diminuer les difficultés.

Pour opérer avec le niveau des anciens, on le place sur le terrain dans la direction de la ligne à mesurer, une de ses extrémités, par exemple, au point *a*, et l'autre en *b*. Si le terrain est en pente de *a* en *b*, on élève son extrémité B jusqu'à ce que l'instrument soit

sensiblement horizontal ; il est tenu dans cette position au moyen d'un chevalet ou par des cales. On mesure la distance verticale de la surface de l'eau, à ses deux extrémités, aux points *a* et *b*, et de cette mesure on en conclut la différence de hauteur entre les deux points. L'instrument est ensuite transporté en avant sur la même ligne, son extrémité arrière sur *b*, et son extrémité avant sur *c*. On mesure la distance verticale de la surface de l'eau aux points *b* et *c*, et on déduit de cette mesure la différence de hauteur entre ces deux points. On répète la même opération suivant toute la longueur de la ligne à niveler, et la somme des différences produites par chacune des opérations est la différence de hauteur entre les points qui marquent les deux extrémités de la ligne.

NIVEAU D'EAU DES MODERNES.

Le niveau d'eau que l'usage a fait adopter dans la pratique actuelle du nivellement, se compose (fig. 6) d'un cylindre en ferblanc AB, de 5 centimètres de diamètre et de 1 mètre 30 ou 40 centimètres de longueur. Il est relevé à ses extrémités A et B à angle droit, à la hauteur d'un décimètre de B en *b* et de A à *a*; deux fioles en verre *aa'* et *bb'*, de 12 à 15 centimètres, sont fixées à ce cylindre. La douille C fixée au milieu de la branche AB s'engage dans un trépied D qui porte l'instrument, placé sur le terrain à une hauteur convenable pour opérer.

Le niveau étant sur son pied, la tige AB sensiblement horizontale, on verse de l'eau dans une de ces

fioles, d'où elle passe dans l'autre par la branche AB. Cette eau est versée en quantité suffisante pour remplir les deux fioles jusqu'à x, environ à la moitié de leur hauteur. Les deux fioles sont de même diamètre. En considérant les deux surfaces de l'eau xx' comme étant dans le même plan horizontal, le rayon visuel dirigé suivant ces surfaces est par conséquent horizontal; il est la ligne du niveau apparent, auquel on rapporte les points du terrain que l'on peut avoir à niveler.

Pour opérer avec le niveau d'eau, on le place sur son pied d'une manière convenable. La tige AB est disposée, au moyen du pied de l'instrument, de manière que les deux surfaces de l'eau soient à peu près à la même hauteur dans leurs fioles. On fait faire à la tige AB un quart de conversion, pour qu'au moyen du pied, on puisse, dans sa nouvelle position, amener les surfaces de l'eau à la même hauteur qu'elle avait dans la première; c'est afin que, faisant faire à l'instrument le tour de l'horizon, l'eau contenue dans le tube ne se répande pas par les fioles, qui se trouveraient peut-être au-dessous de son niveau.

Pour faire partir les bulles d'air qui auraient pu rester dans la tige AB, on enlève le niveau de son pied, on bouche avec la main une des fioles, on élève l'autre, et les bulles d'air qui tendent à gagner la surface de l'eau, s'échappent par la deuxième fiole; on remet ensuite le niveau sur son pied et l'on opère.

S'il s'agit, par exemple, d'exécuter le nivellement des deux points L et M, pour connaître s'ils sont dans le même plan, ou de combien l'un est plus haut que l'autre,

le niveau est mis en station à une égale distance des deux points, soit en S, sur la droite qui les joindrait, ou comme en S′, en dehors de cette droite, mais de manière que les distances SL et SM soient égales ou à peu près.

L'instrument ainsi disposé, on place la règle divisée dans une position verticale sur le point L. On fait tourner le niveau sur son pied, et l'on amène sa tige AB dans la ligne qui joindrait A à L; le rayon visuel est dirigé, tangentiellement aux deux fioles et suivant les deux surfaces de l'eau, sur la règle divisée; il la rencontre en un point *l*; on mesure la distance verticale de l'horizon du niveau à L du terrain, et l'on note cette distance, que nous supposons être de 1 mètre. La règle divisée est portée sur le point M; elle y est placée dans une position horizontale. On l'observe de B, et en dirigeant, par les surfaces de l'eau, le rayon visuel sur cette règle, qu'il rencontre en *m*. On mesure la distance verticale de *m*, horizontale du niveau, à M du terrain. Cette distance est, par exemple, de $1^m,50$; elle est comparée à la distance de *l* à L, obtenue par la première opération, que l'on nomme *coup de niveau arrière*, et l'on a trouvé que cette distance est de 1 mètre.

Par la deuxième opération, que l'on nomme *coup de niveau avant*, on a trouvé $1^m,50$; ainsi, $1^m,50-1^m,00=0^m,50$, qui est la quantité dont L est plus haut que M.

Si l'on répète les mêmes opérations, en prenant successivement M, N, O, etc., pour repère, on aura pour résultat la différence de hauteur entre ces points, et l'on pourra de plus exécuter avec le niveau d'eau les

mêmes opérations élémentaires du nivellement que nous avons déjà faites avec le niveau de maçon et le quadruple mètre.

Le rayon visuel passant par le milieu des onglets formés par les deux surfaces de l'eau, on verrait difficilement ensemble les deux onglets et le point sur lequel le rayon visuel rencontre la règle divisée, si l'œil était par trop rapproché de la première fiole A. Pour mieux voir ce point, on s'éloigne de 5 ou 6 décimètres, comme en x. On verra encore difficilement les onglets et le point observé, si le rayon d'observation est dirigé tangentiellement aux fioles du même côté. Pour mieux voir, on fait passer ce rayon à gauche de la première fiole A et à droite de la fiole B; alors la plaque du voyant est vue entre les deux fioles, et l'horizontale qui divise cette plaque en deux parties égales, et sur laquelle se trouve le point de mire, étant visible pour l'observateur suivant une certaine étendue, on peut la faire amener facilement dans le plan que l'on fait passer par les deux surfaces de l'eau.

Pour obtenir, dans les opérations avec le niveau d'eau, des résultats suffisants sous le rapport de l'exactitude, ce qui présente le plus de difficulté et demande la plus grande attention, c'est l'habitude des opérations. Elles exigent une bonne vue et une justesse dans l'œil qui ne s'acquiert que par une assez longue pratique de l'instrument; aussi l'emploi du niveau d'eau se borne au nivellement de points peu éloignés entre eux, et qui sont ceux du lever de détails de très-peu d'étendue. Le niveau d'eau n'offre pas assez d'exactitude ni assez de

promptitude pour pouvoir être employé au nivellement des grandes lignes, et à celui des détails topographiques du terrain, pour lesquels on a besoin maintenant d'opérer avec la plus grande précision : ce qui est possible avec le niveau à bulle d'air de Chezi, qui se trouve être le seul avec lequel on puisse exécuter convenablement ce genre de nivellement.

DU NIVEAU D'EAU MODIFIÉ.

On a essayé différentes constructions pour faciliter les observations faites avec le niveau d'eau, mais aucune des modifications que cet instrument a subies, n'a présenté assez d'avantage pour la faire admettre dans la pratique, et la substituer au niveau que nous venons de décrire ; nous nous bornerons donc à l'explication de la plus remarquable de ces modifications, que présente le niveau de l'invention de Mariotte.

NIVEAU D'EAU A LUNETTE FLOTTANTE DE MARIOTTE.

Le niveau d'eau à lunette de Mariotte (fig. 7) consiste en une boîte AB en bois ou en ferblanc, de $0^m,40$ ou $0^m,50$ centimètres de long et de $0^m,30$ centimètres de largeur, sur $0^m,30$ centimètres de hauteur. Cette boîte est remplie d'eau, et on fait surnager sur sa surface une espèce de nacelle en ferblanc C, recouverte par un couvercle D, au milieu duquel se trouve une colonne E qui lui est perpendiculaire ; la lunette F est fixée à angle droit sur cette colonne. Si l'instrument est bien construit,

le couvercle D du petit bateau qui surnage sur la surface de l'eau sera horizontal, l'axe de la lunette qui lui est parallèle le sera aussi, et l'on pourra observer et niveler les points du terrain comme avec le niveau ordinaire, et les observer avec plus de facilité, parce qu'on verra mieux le point de mire avec la lunette qu'à la simple vue.

Pour que l'axe de la lunette soit tenu exactement parallèle à la surface de l'eau, il faudrait que chacune des parties du système fût équilibrée de manière à tenir le couvercle de la nacelle constamment horizontal, ce qui exigerait une construction extrêmement difficile, et de l'exactitude de laquelle on peut se dispenser, comme nous allons le voir pour l'usage que l'on pourrait faire de ce niveau, en opérant cependant avec toute la précision désirable.

Comme le petit bateau est également enfoncé dans l'eau pour les coups de niveau arrière et avant, si l'axe de la lunette fait avec l'horizontale un angle quelconque xnx' pour le coup de niveau arrière, il fera un angle égal yny' pour le coup de niveau avant; les triangles $nx'x$ et $ny'y$ seront égaux, et les points x', y', seront dans la même horizontale. Il n'est donc pas nécessaire, en opérant comme nous venons de le faire, pour trouver la différence de hauteur entre deux points du terrain, que le niveau soit rectifié. Dans ce cas, la construction de l'instrument est de la plus grande simplicité; et si ce n'étaient les difficultés de son transport, il serait préférable au niveau ordinaire.

DES NIVEAUX A BULLE D'AIR.

DU PETIT NIVEAU A BULLE D'AIR.

Le petit niveau à bulle d'air se compose (fig. 8) d'un tube en verre N rempli d'eau, avec laquelle on a renfermé une bulle d'air qui, en vertu de sa pesanteur spécifique, se porte constamment à la surface de l'eau, de sorte que le tube étant exactement cylindrique et droit, lorsqu'il est dans une position horizontale, la bulle d'air *ab* doit s'étendre suivant toute la longueur de ce tube. Mais comme il serait très-difficile d'en trouver d'une forme exactement cylindrique pour produire ce résultat, et que, même en l'obtenant, la grande mobilité de la bulle rendrait encore l'instrument d'un usage très-difficile, on est parvenu, en travaillant l'intérieur du tube, à lui donner une forme régulière et une légère courbure convexe, comme en N', qui, en rendant la bulle d'air moins sensible, diminue sa longueur de manière à faire voir facilement ses deux extrémités, que l'on marque sur le tube en *a* et *b*. Les deux extrémités *a* et *b* de la bulle étant dans le même plan de niveau, la droite *cd* menée par ces points est donc horizontale. Si le tube est régulier, les points *e* et *f* pris sur la surface inférieure seront à une égale distance de l'horizontale *cd*, et la droite AB menée par *e* et *f* sera parallèle à *cd*, et par conséquent horizontale. Ainsi, une ligne prise sur un plan sera horizontale, lorsqu'après avoir placé le niveau sur cette ligne suivant les points *e* et *f*, la bulle d'air viendra se

placer entre *a* et *b*. Si elle se porte à droite, c'est que la ligne sera inclinée de B vers A, et si elle se porte à gauche, c'est qu'elle sera inclinée de A vers B. Dans le premier cas, on abaisse la ligne et le plan du côté de A jusqu'à ce que la bulle d'air ait pris sa position centrale entre *a* et *b*. On l'amènera dans cette même position pour le second cas, en abaissant la ligne du côté de A.

Pour rendre l'usage du niveau plus facile, on l'a renfermé, comme en N'', dans un cylindre de cuivre; au-dessus est une ouverture *gh* par laquelle on voit la position que prend la bulle d'air *ab*. Pour distinguer plus facilement la position de cette bulle, sa longueur est marquée par des anneaux *i* et *k* qui traversent l'ouverture *gh*. Le point milieu de la bulle est marqué en O sur l'arête de cette ouverture, et à une égale distance des anneaux *i* et *k*. A droite et à gauche du point milieu O, on a tracé suivant la longueur de l'arête de la coupure une division en parties égales, par exemple, d'un millimètre.

Le niveau ainsi renfermé dans son cylindre en cuivre est fixé sur une règle AB également en cuivre, au moyen d'une charnière *l* et d'une vis *m*. Avec la vis, on élève ou on abaisse le niveau jusqu'à ce que son horizontale soit parallèle à la règle.

Pour s'assurer que ce parallélisme a lieu, le niveau est placé suivant une ligne tracée sur un plan que l'on élève ou qu'on abaisse pour amener la bulle d'air au centre du niveau, qui est ensuite retourné bout pour bout et placé sur la même ligne. Si la bulle d'air reprend la même position, la règle sera parallèle à l'horizontale du niveau; si elle se portait à droite ou à

gauche, on lui ferait parcourir la moitié de la distance dont elle s'écarte du centre, au moyen de la vis, et en relevant ou en abaissant le plan, on achèverait de la faire entrer dans sa position centrale. Si, en retournant le niveau bout pour bout, la bulle est encore éloignée d'une certaine quantité de sa vraie position, on répète les corrections et les vérifications par le retournement jusqu'à ce que l'on soit parvenu au parallélisme cherché entre l'horizontale du niveau et la règle AB; on pourra alors opérer avec l'instrument pour juger si une ligne ou un plan est horizontal, et leur faire prendre cette position. C'est là que se borne l'usage du petit niveau à bulle d'air, comme nous l'avons vu dans les levers au mètre et à la planchette, pour réduire à leur projection les lignes à mesurer avec le quadruple mètre, opération où il est substitué au niveau de maçon, parce qu'il est d'un usage plus facile, et enfin pour amener la tablette de la planchette dans une position horizontale.

NIVEAU A BULLE D'AIR A PINNULES.

Si la règle sur laquelle est placé le niveau à bulle d'air est parallèle à l'horizontale de ce niveau, le rayon visuel dirigé suivant une de ses arêtes sur un point du terrain sera également horizontal.

Si, pour observer les points à niveler, la règle du petit niveau est allongée, comme AB (pl. VII, fig. 9); qu'elle soit placée sur un trépied C qui la tienne à une hauteur convenable pour opérer, et que, pour observer avec plus de facilité, on élève perpendiculairement aux deux

extrémités de cette règle, des pinnules D et E à double visière, on pourra alors, sans changer la position de l'instrument, observer du côté de A le point M, et du côté de B le point N, et déterminer, comme avec les autres niveaux, la différence de hauteur entre ces points et tous ceux que l'on aura à niveler.

La règle AB peut avoir 3 décimètres de longueur; une deuxième règle A'B' est ajustée au-dessous de celle-ci; elle est mue sur une charnière x, pour être éloignée ou rapprochée de la première, au moyen d'une vis y placée à son autre extrémité. Cette deuxième règle a pour objet d'amener la bulle d'air au centre du niveau, en même temps que la règle AB dans une position horizontale. Au milieu et perpendiculairement à la règle A'B', est une douille F, dans laquelle s'engage le trépied C qui supporte l'instrument.

La pinnule D (fig. 10) est percée par un petit trou a pris pour l'oculaire, et la deuxième pinnule E porte un châssis b qui est traversé par deux fils croisés, et que l'on prend pour l'objectif; et le rayon visuel dirigé par a et la croisée des fils b étant prolongé, rencontre le voyant placé sur le point M en p. La distance verticale de p à M du terrain, que nous supposons de $1^{m},50$, est la hauteur du rayon d'observation au-dessus de ce point.

Pour observer le voyant placé sur le point N, l'oculaire est en c sur la pinnule E, les fils croisés de l'objectif sur la pinnule D en d, et le rayon visuel dirigé par c et d rencontre en q le voyant placé sur le point N, et qN est la hauteur du rayon d'observation au-

dessus de N du terrain, que nous supposons de 1 mètre.

Le rayon d'observation *cdq* dirigé sur N est élevé au-desus de sa parallèle *abp* dirigée sur M, de la quantité *da*, égale, par exemple, à un centimètre. Si la distance de M à l'horizontale du niveau est de $1^m,50$, celle de N à la deuxième horizontale de $1^m,00$, celle-ci sera trop haute d'un centimètre, et la différence de hauteur entre M et N sera de $1^m,50-1^m,00=0^m,50-0^m,01=0^m,49$ centimètres.

Pour opérer avec le niveau à pinnules (fig. 11), les rayons d'observation *ab* et *cd* doivent être parallèles entre eux et avec l'horizontale du niveau *n*. Pour s'assurer que ces conditions sont remplies, on en fait la vérification; on observe un point de même cote que celui sur lequel on stationne: soit M le point à observer, et N celui sur lequel on stationne. La bulle d'air est amenée au centre de son tube au moyen de la vis *y*; on mesure la hauteur de l'oculaire *a* au-dessus du point N, que l'on suppose être de $1^m,40$; on observe la mire placée sur M dans une position verticale; le rayon d'observation détermine le point x; on mesure la distance de x à M, et si cette distance est égale à la hauteur *a*N, le rayon d'observation ax sera horizontal, et on pourra opérer avec l'instrument.

Si le rayon d'observation rencontre le voyant plus haut ou plus bas que x, comme en x' ou en x'', il ne sera pas parallèle à l'horizontale du niveau, il fera avec cette ligne un angle d'erreur xax' ou $x''ax$, que l'on réduira à l'horizontale abx au moyen de l'oculaire

a rendu mobile le long d'une coulisse, et que l'on fixe ensuite avec une vis z (fig. 10).

Pour effectuer cette correction, on fait placer le point de mire en x, à une hauteur de M égale à celle de l'oculaire a, au-dessus du point N du terrain de $1^{m},40$. Alors les distances verticales xM et aN étant égales et prises sur deux points M et N de même cote, les points x et a seront aussi entre eux à la même cote, et les droites qui joindront M à N et x à a seront parallèles et horizontales. Il ne s'agira plus alors pour rectifier l'instrument, que d'abaisser ou d'élever l'oculaire a jusqu'à ce que le rayon visuel, passant par a et par l'objectif b, passe aussi par le point de mire x.

On vérifie l'horizontalité du rayon d'observation dirigé par l'oculaire c et l'objectif d, en retournant l'instrument bout pour bout, et par l'oculaire c' et l'objectif d', on observe sur le voyant le point de mire. Si le rayon d'observation rencontre le voyant en un point y qui soit exactement d'un centimètre au-dessus de x, ce rayon sera horizontal, et par conséquent parallèle à celui de la première observation faite par l'oculaire a. S'il arrivait que cela n'eût pas lieu, on ferait la correction au moyen de l'oculaire c rendu mobile comme l'oculaire a. Avec l'instrument ainsi rectifié, et après l'avoir retourné bout pour bout pour le ramener à sa première position, on pourra niveler deux points du terrain, en observant par l'oculaire a le point M et par l'oculaire c le point O; ou par un seul des oculaires a ou c, en retournant l'instrument bout pour bout, on pourra observer d'abord le point M, puis le point O.

Les points de même cote sur lesquels on opère pour vérifier le niveau, peuvent être pris sur la surface de l'eau. Dans ce cas, on place l'instrument en station le plus près possible des bords de l'eau, et on mesure la hauteur de l'oculaire au-dessus de sa surface; on plante un piquet dans l'eau à 50 ou 60 mètres du point de station, et la hauteur de sa surface est marquée par la tête de ce piquet, sur laquelle on place le voyant dans une position verticale, pour l'observer par l'oculaire *a*, et vérifier et rectifier l'horizontalité du rayon d'observation, comme nous venons de le voir.

Si l'on n'est pas à la portée d'une nappe d'eau tranquille, on peut avec l'instrument non rectifié, et quel que soit l'angle que fait le rayon visuel avec l'horizontale du niveau, déterminer sur le terrain deux points de même cote, sur l'un desquels on stationne ensuite, afin de vérifier et rectifier l'instrument.

Pour cette opération (fig. 12), on choisit sur le terrain deux points M, N, que l'on estime être à peu près au même niveau; on se met en station en S sur la droite qui joint M à N, bien exactement au milieu de cette ligne. Le niveau étant placé sur ce point, la bulle d'air au centre *n* de son tube, par l'oculaire *a* on observe le voyant placé verticalement sur M; le rayon d'observation le rencontre au point de mire *x*; la hauteur de *x* au-dessus de M est de $1^m,45$. On retourne l'instrument bout pour bout; la bulle d'air a conservé sa position, et par le même oculaire *a* on observe le voyant, qui a été placé sur N; le rayon d'observation le rencontre au point de mire *y*; la hauteur de *y* à N a été trouvée de $1^m,50$.

Les rayons d'observation dirigés sur x et y font avec l'horizontale $n'nn''$ des angles égaux $n''nx$ et $n'ny$. Les côtés nx et ny sont égaux ; les points x et y sont par conséquent dans des positions semblables par rapport à l'horizontale $n'n''$, et la droite qui joindra x à y sera parallèle à $n'n''$ et horizontale. Si les distances de x à M et de y à N sont égales, la droite qui joindra M à N sera également horizontale, et les points M et N seront les points cherchés. Mais la distance verticale de x au point M étant de $1^m,45$, et celle de y au-dessus de N de $1^m,50$, le point M est plus élevé que N de $0^m,05$ centimètres. Pour amener ces points à la même cote de niveau, on plante en N un piquet qui s'élève au-dessus du terrain, jusqu'à y', de $0^m,05$ centimètres ; les points y'M sont alors à la même cote de niveau, et ils sont les points cherchés au moyen desquels, étant en station sur l'un d'eux, on vérifie et rectifie, comme nous venons de le voir, le parallélisme des rayons d'observation avec l'horizontale du niveau.

NIVEAU A BULLE D'AIR A DEUX LUNETTES.

La trop petite distance à laquelle on peut observer les points à niveler avec le niveau à pinnules, et le peu d'exactitude de ces observations, ont conduit, pour opérer plus exactement et à une plus grande distance, à substituer deux lunettes aux pinnules, ce qui compose le niveau à deux lunettes. On trouvera dans les ouvrages des savants qui ont écrit sur la théorie du nivellement, et dans l'examen des niveaux exécutés par les artistes

mécaniciens, les modifications proposées et exécutées par ces derniers pour rendre leur usage plus facile, et obtenir des résultats plus prompts et plus exacts.

Pour nous, dont l'objet unique est de soumettre ces instruments aux épreuves de l'expérience par des procédés purement pratiques, il nous suffit d'en expliquer le mécanisme, afin de faire comprendre ce qui a été écrit sur ce sujet, et donner l'intelligence nécessaire pour en faire l'application.

Le niveau à deux lunettes, comme nous le concevons (pl. VIII, fig. 1.re), se compose d'une tablette en cuivre AB, sur laquelle sont placés parallèlement entre eux : au centre, le niveau à bulle d'air N, et à droite et à gauche, les lunettes C et D. L'oculaire de la lunette C est à gauche en *a*; et son objectif en *b*; celui de la lunette D est à droite en *c*, et son objectif en *d*.

Sous le plateau AB (fig. 2) est une règle de moyenne largeur A'B', qui se meut sur une charnière *e* au moyen d'une vis *f* placée sur son autre extrémité, et au milieu de la règle se trouve un genou E à coquille, sur lequel la règle a un mouvement de rotation. Le trépied qui supporte l'instrument est engagé dans la douille de ce genou.

L'horizontale du niveau N et l'axe optique des lunettes C et D doivent être dans le même plan, et lorsque la bulle d'air est amenée au milieu de son tube au moyen de la vis *f*, les deux axes sont horizontaux.

Avec l'instrument qui remplit ces conditions, on opère comme avec le niveau à pinnules. On observe avec la lunette C par l'oculaire *a* le point M, et avec la

lunette D par l'oculaire c le point O ; on détermine les différences de hauteur de ces points d'après la mesure de leur distance aux points de mire, et ils sont ainsi nivelés.

Pour s'assurer si le niveau remplit toutes les conditions qu'exige cette opération, on en fait la vérification et la rectification comme nous venons de le voir pour le niveau à pinnules, au moyen de deux points de même cote pris sur la surface de l'eau ou sur le terrain, où ils peuvent être déterminés avec l'instrument non rectifié.

Les points M et O étant donnés (fig. 3), l'instrument est mis en station sur l'un d'eux, soit sur O. Le voyant est placé dans une position verticale sur M; la bulle d'air est amenée au centre de son tube; on mesure la distance de l'oculaire a au point O, qui est, par exemple, de $1^{m},40$. Par l'oculaire a on observe le voyant; le rayon d'observation le rencontre en un point de mire x. On mesure la distance de x à M. Si elle est égale à aO, de $1^{m},40$, le rayon d'observation ax sera horizontal. Si le point de mire est plus bas ou plus haut que x, qu'il soit, par exemple, en x' ou x'', pour l'amener exactement en x, on abaisse ou on relève l'axe optique de la lunette par les fils du réticule ou au moyen de la vis g, jusqu'à ce que le rayon d'observation passe par x; alors il sera horizontal.

La deuxième lunette D se vérifie et se rectifie de la même manière et sur le même point de mire x. Pour cette opération, on retourne l'instrument bout pour bout, et par l'oculaire c de la lunette D on observe le voyant. Si le rayon d'observation passe par le point de

mire x, il sera horizontal. S'il est plus haut ou plus bas, on le rectifie au moyen du réticule ou de la vis qui abaisse ou élève la lunette. Avec l'instrument ainsi rectifié, on peut niveler deux points du terrain, en observant M par l'oculaire *a* de la lunette C, et N par l'oculaire *c* de la lunette D.

On voit qu'on pourra également niveler les deux points M et N avec une seule lunette, par exemple, en observant le voyant placé sur M avec l'oculaire *a* de la lunette C, et par le retournement de l'instrument, la bulle d'air restant dans sa position centrale, observer du même oculaire *a* la mire placée sur le point N.

NIVEAU A BULLE D'AIR DE CHEZI.

Nous avons vu qu'avec le niveau à deux lunettes rectifié, on peut, par le retournement de l'instrument, opérer avec une seule de ses lunettes comme avec les deux; que l'usage des deux lunettes ne présente d'autre avantage que celui d'observer deux points du terrain, étant en station au milieu de la droite qui les joint, sans être obligé de changer la position de l'instrument. Cet avantage est de peu d'importance, si l'on considère la nécessité dans laquelle on se trouve, pour amener l'axe optique des lunettes à être parallèle à l'horizontale du niveau, d'avoir recours à des points pris à la surface de l'eau, ou déterminés d'avance sur le terrain avec le niveau non rectifié. On concevra que, pour rendre ces vérifications plus faciles et plus promptes, on a dû supprimer une des lunettes, et donner à celle qui a été

conservée la faculté d'être retournée bout pour bout, indépendamment des autres parties de l'instrument. Voici comme on opère avec cette lunette pour s'assurer du parallélisme de son axe optique avec l'horizontale du niveau.

Par exemple, que les deux points M et O (fig. 4) soient à niveler. L'instrument est mis en station entre ces deux points et sur la droite qui les joint. La bulle d'air étant au centre de son tube, on observe par l'oculaire *a* le voyant placé verticalement sur le point M du terrain; le rayon d'observation le rencontre au point de mire x. Pour s'assurer que ce rayon est parallèle à l'horizontale du niveau, on enlève la lunette de dessus ses supports, et on l'y replace après l'avoir retournée bout pour bout; alors, par un mouvement de rotation imprimé à l'instrument, l'objectif *a'* se trouve du côté de l'observateur. La bulle d'air ayant pris sa position centrale, on observe par l'oculaire *a* le voyant placé sur le même point M, et si le rayon d'observation passe exactement par le point x déterminé par la première opération, ce rayon sera parallèle à l'horizontale du niveau. Si, au contraire, il rencontre la mire au-dessus du point x, comme en x', ou au-dessous, comme en x'', l'axe optique ne sera pas horizontal, et l'instrument devra être rectifié. Cette rectification s'exécute en levant ou abaissant le support E de la lunette, rendu mobile au moyen d'une vis G, jusqu'à ce que, par des vérifications et des corrections successives, on soit parvenu à ce parallélisme. On peut ensuite opérer avec l'instrument, observer le point O, et conclure de la double

observation la différence de hauteur entre les points M et O, ou entre tout autre point du terrain que l'on aura à niveler.

On voit de prime abord combien ce moyen de vérification est plus simple, plus prompt et plus facile que celui qu'on est obligé d'employer pour le niveau à deux lunettes.

Le niveau de Chezi, si l'on en excepte la disposition donnée à la lunette, ne diffère en rien; pour son mécanisme, des niveaux à pinnules et de celui à deux lunettes, parce que tous ont besoin d'un mouvement de rotation horizontal, d'un mouvement vertical pour amener la bulle au centre de son tube, et d'un mouvement au moyen duquel on puisse rendre le rayon d'observation parallèle à l'horizontale du niveau. Toutes ces conditions ont été remplies d'une manière plus ou moins heureuse par des modifications successives, et les artistes mécaniciens sont enfin parvenus à confectionner cet instrument avec une perfection qui semble ne plus rien laisser à désirer, tant sous le rapport de la simplicité et de la solidité que sous celui de l'exactitude et de la facilité avec laquelle il permet d'opérer.

On trouvera dans les écrits qui expliquent les différentes modifications que l'on a fait éprouver au niveau de Chezi, que ce niveau a été fixé par les uns à la lunette, et par les autres à la règle qui supporte cette lunette; que le mouvement vertical a été produit, comme nous l'avons vu pour le niveau à pinnules et le niveau à deux lunettes, par une règle à charnière rendue mobile au moyen d'une vis qui élève ou abaisse l'instrument, pour ame-

ner la bulle d'air au centre de son tube ; que ce même mouvement a été produit par des vis d'engrenage, des vis boutantes, des refforts, etc., et que tous ces moyens appliqués par les artistes mécaniciens à différentes constructions, toujours ingénieuses, sont plus ou moins favorables à l'exactitude et à la promptitude des opérations.

Mais comme toutes ces modifications n'ont produit d'autres résultats que de rendre l'usage du niveau plus facile, son mécanisme étant resté le même, et que, d'après l'objet que nous nous proposons dans son emploi pour l'instruction des élèves, et qui se borne aux éléments de la pratique des opérations du nivellement, nous n'avons pas à nous occuper du mérite des perfectionnements apportés à la construction de l'instrument; nous pouvons en conséquence donner nos explications et faire nos exercices pratiques avec le plus perfectionné comme avec celui qui l'est le moins, et arriver aux résultats que nous nous serons proposé d'atteindre, parce qu'étant parvenus à opérer avec l'un de ces instruments, quel qu'il soit, nous saurons également opérer avec tous les autres. Mais plus tard, lorsque nous nous occuperons de l'application des éléments du nivellement à celui des différents genres de topographie, nous ferons remarquer la nécessité dans laquelle on s'est trouvé de chercher à perfectionner le niveau, pour atteindre à l'exactitude que certains travaux de nivellement exigent; alors nous ferons voir le mérite des perfectionnements qui ont subi les épreuves de l'expérience.

Le niveau de Chezi (fig. 5) que nous employons pour

les exercices pratiques du nivellement topographique, se compose d'une règle AB, au milieu de laquelle est fixé le niveau à bulle d'air N; la règle AB est supportée par un genou C, dont la douille se place sur la tige d'un trépied D, au moyen duquel l'instrument est tenu dans une position convenable pour observer les points à niveler.

La lunette L est placée au-dessus du niveau sur deux supports E et F, fixés aux deux extrémités de la règle AB, perpendiculairement à cette règle; un de ces supports est rendu mobile au moyen de la vis G. La lunette est placée sur ces supports E et F, dans des ouvertures demi-circulaires d'où l'on peut l'enlever, afin de le retourner bout pour bout pour la vérification de l'instrument. La lunette est centrée au moyen de la vis H, qui élève ou abaisse les fils croisés du réticule.

Le niveau N est amené à être parallèle à la règle AB au moyen de la vis I. Cette règle a un mouvement horizontal de rotation sur le genou C, qui a deux mouvements verticaux, produits par les vis boutantes K et L, suivant deux plans qui se coupent à angle droit.

Ainsi la lunette est centrée au moyen de la vis H du réticule; la règle AB est amenée à être parallèle à l'horizontale du niveau avec la vis I, et l'axe optique de la lunette parallèle à la même horizontale avec la vis G. Enfin la bulle d'air est amenée au centre de son tube par le moyen de deux vis boutantes K et L du genou, et l'instrument ainsi composé présente par son mécanisme tous les moyens de vérification nécessaires pour opérer avec exactitude.

DE LA LUNETTE ET DES MOYENS QUE L'ON EMPLOIE POUR LA CENTRER.

La lunette du niveau de Chezi est achromatique, ce qui veut dire sans couleur. Elle fait voir les objets observés sans iris et plus clairement qu'avec la lunette ordinaire. Cette propriété, que les savants expliquent, est due à l'objectif b, qui, au lieu d'être formé d'un seul verre, est composé de deux verres de différente réfrangibilité.

L'objectif a se compose de deux verres convexes a' et a''; le premier a' est placé contre l'ouverture de l'oculaire a, et le deuxième a'' à une petite distance du premier. Ces verres sont ajustés dans un tuyau x que l'on engage dans celui de la lunette, et que l'on peut avancer et reculer à volonté.

Les fils croisés du réticule r sont fixés à un châssis placé dans le corps de la lunette de manière à être mus le long de son tuyau, et relevés ou abaissés au moyen d'une vis H, et par un tirage x, de l'oculaire a, on parvient à voir distinctement les fils du réticule, en même temps que, par le tirage x' de l'objectif, on voit clairement les points à observer.

Si le rayon dirigé par l'oculaire a, passant par les verres a', a'', par le point du réticule et par l'objectif, se confond avec l'axe du cylindre de la lunette, celle-ci sera centrée. On s'assure que cela a lieu par une vérification. Pour cette opération, l'instrument est placé sur son pied (fig. 4), et la lunette disposée de manière

que la vis H du réticule soit en dessus. On observe le voyant placé sur un point quelconque M, à la distance de 40 ou 50 mètres de celui sur lequel on stationne. Le rayon d'observation rencontre le voyant à un point de mire x; on fait faire à la lunette une demi-révolution sur ses supports, de manière que la vis H qui est en dessus se trouve en dessous, et on observe le point de mire. Si, par cette deuxième observation sur le voyant, le rayon visuel ne passe pas par le point x déterminé par la première, la lunette devra être rectifiée. Cette rectification s'exécutera avec la vis H du réticule, en faisant monter ou descendre la croisée de ses fils, ou seulement en faisant tourner le verre de l'objectif sur lui-même; dans ce cas, la vis H du réticule devient inutile.

L'oculaire de la lunette, qui ne se compose que de deux verres convexes, fait voir les objets renversés, mais plus clairement que celui qui les fait voir droits avec un plus grand nombre de verres. On s'habitue facilement à voir les objets ainsi renversés, comme s'ils étaient droits.

DES SUPPORTS DE LA LUNETTE.

Les supports fixés perpendiculairement aux extrémités de la règle AB (fig. 5 et 6) ont leur extrémité supérieure *e* coupée circulairement en forme de collet pour recevoir le canon de la lunette. Ces collets doivent être parfaitement égaux, afin que, faisant tourner la lunette sur elle-même, son axe conserve la même position, et

qu'étant amené dans une position horizontale, il conserve cette horizontalité lorsqu'on retourne la lunette bout pour bout. Il faut aussi, dans ce dernier cas, que le diamètre de chacune des deux parties du cylindre de la lunette qui posent sur les collets soit exactement le même. Pour se rapprocher le plus possible de cette exactitude, et pour rendre les mouvements de la lunette sur ces supports plus faciles, et la garantir de l'avance et du recul, elle est enveloppée par des anneaux *g* et *h* avec des bourrelets *i* et *i'*, qui maintiennent la lunette dans la même position.

Un demi-anneau *f* (fig. 6) est assemblé à charnière sur chacun des supports, et il embrasse la lunette pour la retenir dans ses collets. Elle s'attache ou se détache à volonté au moyen d'une vis *f'*.

Le support mobile est ajusté sur la règle au moyen de deux pointes x, x', qui la tiennent dans une position convenable; il est élevé ou abaissé au moyen de la vis G.

DU NIVEAU A BULLE D'AIR.

Le niveau à bulle d'air (fig. 5) est placé sur la règle AB, qu'il amène dans une position horizontale, lorsque la bulle est au milieu de son tube. Pour que cela ait lieu, il faut que cette règle soit parallèle à l'horizontale du niveau. Nous avons vu pour le petit niveau à bulle d'air, comment on parvient à établir ce parallélisme avec le tourne-vis, au moyen de la vis I.

DU GENOU A DOUBLE MOUVEMENT VERTICAL.

Le genou qui a été adapté au niveau est celui que nous avons imaginé pour notre boussole nivelante, et qui a été perfectionné d'une manière très-remarquable par l'habile artiste mécanicien de l'école d'application de l'artillerie et du génie de Metz. Il se compose (fig. 7), 1.° d'un plateau circulaire O en bois, au milieu duquel est fixée une douille P en cuivre, dans laquelle s'engage la tige du trépied qui porte l'instrument; 2.° d'un plateau Q en cuivre, circulaire et évidé, auquel sont unies deux règles *ab* et *cd* et deux tiges *e* et *f*; la règle *ab* est tenue par ses deux bouts sur des supports *g* et *h* d'égale hauteur, fixés perpendiculairement sur le plateau en bois O, et sur lesquels elle se meut avec le plateau Q, qui peut ainsi être élevé ou abaissé en tournant sur ces supports; ce plateau est fixé dans la position qu'on lui a donnée au moyen de la vis K dont l'écrou est sur la tige *e*, et il s'appuie sur le plateau O; 3.° d'un troisième plateau R en cuivre, circulaire et non évidé, auquel sont unies une règle *ik* et une tige *l*; la règle *ik* est tenue par ses bouts sur deux supports *m* et *n* fixés sur la règle *cd* du plateau Q. Au milieu du plateau R est une douille S qui le pénètre et se prolonge jusqu'au-delà du plateau évidé Q; c'est dans cette douille que s'engage et se meut l'axe de rotation de l'instrument fixé au milieu de la règle AB.

Ce genou a la propriété très-remarquable de maintenir l'instrument dans une position invariable, et de n'être

sujet à aucun des inconvénients des genoux pour lesquels on emploie des vis d'engrenage, des vis boutantes disposées horizontalement, et des ressorts qui, par l'usage, acquièrent bientôt trop de jeu, et occasionnent un ballottage qui rend la vérification et l'emploi de l'instrument très-difficiles, tandis que les vis boutantes verticales de notre genou ne peuvent avoir ni ballottage ni élasticité, qu'elles sont exemptes de toutes réparations, et que leur fixité est produite par le poids même de l'instrument; d'où il résulte que l'axe de rotation étant une fois amené, au moyen du double mouvement imprimé par les vis K et L, dans une position verticale, on peut faire le tour de l'horizon sans que la bulle d'air s'écarte de sa position centrale, ce qui permet ainsi d'observer tous les points à niveler sans avoir besoin de toucher à l'instrument, autrement que pour lui imprimer le mouvement de rotation nécessaire à la recherche de ces points.

Pour opérer avec le niveau de Chezi, tel que nous le concevons, il est mis en station, par exemple, sur S (fig. 4); les plateaux O, Q, R de son genou sont amenés à être sensiblement parallèles entre eux au moyen des vis K et L, et par le pied de l'instrument la bulle est amenée à peu près au milieu de son tube. Cette première disposition est motivée sur ce que l'on aura moins à faire avec les vis K et L pour amener et tenir la bulle dans sa position centrale.

Nous supposons l'instrument rectifié. Pour observer de S le point M, l'axe optique de la lunette est dirigé sur ce point; les fils croisés du réticule, par le tirage de l'oculaire, se verront distinctement; en tirant le

tuyau du verre de l'objectif, on distinguera clairement le point de mire du voyant; l'axe optique de la lunette est amené dans une position horizontale, et le point de mire du voyant à la hauteur du rayon d'observation; on pourra alors opérer avec l'instrument pour observer le point M, et en le retournant sur son centre, la bulle d'air conservant sa position centrale, on observera le point O; on amènera le point de mire à la hauteur du rayon d'observation; ce point et celui déterminé par la première observation seront dans la même horizontale, et d'après la mesure de leur distance à leurs correspondants M et O du terrain, on connaîtra la différence de hauteur qui existe entre eux, et l'on pourra ainsi, avec le niveau de Chezi, exécuter tous les genres de nivellement.

DU VOYANT.

Pour mesurer la distance verticale des points du terrain que l'on veut niveler, au plan horizontal du niveau, ou au rayon visuel d'observation que l'on fait passer par ce plan, on se sert d'une règle divisée que l'on nomme *voyant*.

Le voyant, que l'expérience nous a conduit à modifier, pour en rendre l'usage plus facile, se compose (fig. 8) de deux règles AB et CD. La règle CD s'engage dans une rainure faite à la règle AB sur laquelle elle glisse. La forme et les dimensions de la rainure et de la languette des règles sont représentées de grandeur naturelle par la figure 9.

Les deux règles sont d'une égale longueur, ordinai-

rement de 2 mètres, de A en B et de C en D. La règle C, qui recouvre la règle A, est plus large que celle-ci de 5 millimètres à droite et à gauche; c'est afin qu'on puisse la prendre de la main droite pour la faire monter le long de sa coulisse, tandis que l'on maintient l'autre règle avec la main gauche.

Le point de mire est pris sur une plaque en tôle V, que nous nommons le *voyant*. Elle a 2 décimètres de hauteur et 15 centimètres de largeur; elle est fixée à l'extrémité D de la règle mobile CD, et divisée en deux parties égales par une droite cc' sur laquelle est pris le point de mire m. La partie supérieure du voyant est peinte en blanc, ou plutôt en jaune, et l'inférieure en noir. Le point de mire m est exactement à la hauteur de 2 mètres au-dessus du pied de la règle CD. Le voyant est fixé dans cette position au moyen de deux vis d, d', qui, étant desserrées, permettent de monter ou de descendre le point de mire pour l'amener à cette hauteur, ce que l'on vérifie avec le mètre-étalon. Le voyant est ensuite fixé en serrant les vis.

La plaque du voyant étant dans sa vraie position, dépasse la hauteur de la règle CD d'une quantité DD' égale à un décimètre, que l'on ajoute à la longueur de cette règle. On allonge la règle AB de la même quantité, et elles restent ainsi entre elles de même hauteur.

Les règles étant réunies, et leurs extrémités A et C sur le même point du terrain et dans une position verticale, le point de mire m sera au-dessus de ce point exactement à la hauteur de 2 mètres; et en faisant glisser la règle CD dans sa coulisse, la règle AB restant

fixe, on pourra élever le point de mire m à la hauteur de 4 mètres, et le maintenir dans cette position au moyen du décimètre ajouté à la longueur de la règle AB, dans laquelle est engagée l'extrémité C de la règle CD. Si cette dernière n'est pas tenue assez solidement dans cette position, on l'abaissera d'un décimètre jusqu'à b (fig. 10), et on observera le point de mire en m', sur le côté supérieur de la plaque du voyant, qui est exactement à la hauteur d'un décimètre au-dessus de m.

Par cette disposition donnée aux règles, on pourra donc mesurer la distance verticale du terrain à l'horizontale du niveau jusqu'à la hauteur de 4 mètres.

S'il s'agit de mesurer des distances verticales au-dessous de 2 mètres (fig. 11), on renverse le voyant. Le côté m' de la plaque est placé sur le point du terrain. Si m' se trouve être le point de mire du rayon horizontal d'observation, la distance verticale entre ce point et celui du terrain sera égale à zéro. Pour les autres points, on fera monter celui de la mire m ou la règle DC à la hauteur des différents rayons d'observation jusqu'à 2 mètres au-dessus du terrain.

Pour opérer avec le voyant droit (fig. 12), on le met sur le point du terrain dans une position verticale. L'aide porte-voyant, d'après les signes qui lui sont faits par le niveleur, fait monter le point de mire m jusqu'au rayon visuel dirigé suivant l'horizontale du niveau, et les deux règles sont fixées entre elles au moyen d'une vis de pression v. Cette vis traverse la règle CD, presse la règle AB, et les deux règles sont ainsi fixées dans la position qu'on vient de leur donner. Pour que cette vis, lors-

qu'elle est desserrée, ne gêne pas le mouvement de la règle dans sa coulisse, et pour qu'elle ne creuse pas par sa pression la règle A sur laquelle elle agit, elle est couverte (fig. 13) par une espèce de ressort r, qui est fixé à la règle C par un des bouts r'.

La règle CD (fig. 12) étant élevée au-dessus de la règle AB d'une quantité BD égale à AC ou Ax, on lira la hauteur de x au-dessus de A sur la division en parties égales d'un décimètre tracée sur la règle AB. Cette hauteur est, par exemple, de 2 décimètres ; la hauteur du point de mire m au-dessus de A sera donc de $2^{m},00 + 0^{m},20$ centimètres, et l'on pourra ainsi lire sur la division de la règle les différentes hauteurs de la mire m au-dessus de l'extrémité B de la règle AB, tant que ces hauteurs seront en nombre rond de décimètres. La règle AB est divisée en parties égales, d'un décimètre, et numérotée, en montant de A en B, par les nombres 20, 30..... jusqu'à 40 décimètres. Pour les fractions de décimètre en centimètres, la notation commencera par le nombre 200, hauteur de la règle AB, et continuera par les nombres 210, 220, 230, jusqu'à 400 centimètres ou 4 mètres. Si l'on considère les fractions de centimètre en millimètres, la notation commencera par 2,000, 2,100, 2,200, jusqu'à 4,000. Les divisions du décimètre en centimètres et millimètres, qui ne sont pas tracées sur la règle, se lisent sur un décimètre en cuivre ee' sur lequel elles ont été faites ; et elles sont numérotées, en descendant de e à e' (fig. 14), par les nombres 10, 20..... jusqu'à 100 millimètres. Les fractions de millimètre s'estiment à vue.

Le double décimètre est fixé à l'extrémité C de la règle CD, contre la face d'une coupure faite à cette règle pour découvrir la division en décimètres de la règle AB. La vis de pression v est placée au-dessus, à la distance d'un centimètre du décimètre en cuivre.

Si, par exemple (fig. 14), le pied C de la règle CD indique sur la règle A un point x qui soit au-dessus de la ligne de division numérotée 220 centimètres, on remarquera que e ou zéro de la division du décimètre est élevé au-dessus de y, ou de la ligne de division cotée 230 centimètres, d'une quantité égale à la hauteur de x au-dessus de x', ou de la ligne de division cotée 220 centimètres; et que, d'après la division du décimètre, la distance de e à y est de 3 centimètres 6 millimètres et $\frac{3}{4}$ de millimètre. Cette distance, qui est égale à celle de x à x', ajoutée à 22 centimètres, sera de 2^{m},236 millimètres $\frac{3}{4}$, qui est la hauteur cherchée du point de mire m au-dessus du point du terrain A.

Pour simplifier la notation de la règle A, il suffira d'écrire à son extrémité le nombre 200 centimètres, hauteur de cette règle, et sur la première ligne de division et les suivantes, 10, 20, 30, jusqu'à 200, que l'on écrit sur la dernière ligne de division par le nombre 400; les autres nombres seront énoncés en ajoutant 200 pour ceux terminés par des centimètres; et ceux qui finissent par des millimètres s'énonceront en y ajoutant 2,000 millimètres au lieu de 200 centimètres.

Ainsi, en lisant les divisions de la règle, et sur le décimètre en cuivre la hauteur du point de mire au-dessus de celui du terrain, on voit aussitôt comment

on doit énoncer ces hauteurs pour les écrire dans le registre, soit en disant $2^m,00+0^m,20+0^m,03+0^m,006+\frac{3}{4}$ de millimètre, ou 2,236 millimètres $\frac{3}{4}$, que l'on écrit ordinairement sous cette forme de fraction, comme les $\frac{1}{2}$, les $\frac{1}{3}$ et les $\frac{1}{4}$ de millimètre.

Pour opérer avec le voyant renversé (fig. 11), sa plaque est placée sur le piquet du terrain qui marque le point à niveler. Si le rayon passe par ce point, alors m' est le point de mire, et sa hauteur au-dessus du terrain est égale à zéro.

Les deux règles du voyant sont tenues dans une position verticale; la règle BA reste fixée; on élève la règle DC en la faisant glisser dans sa coulisse pour amener le point de mire m à la hauteur des différents rayons d'observation dirigés sur ce point, et jusqu'à 2 mètres.

Par exemple, le rayon d'observation (fig. 15) rencontre le point de mire m à la hauteur de a au-dessus de B du terrain. Si le point de mire était pris en m', et que la hauteur à mesurer fût un nombre rond de décimètres, on pourrait immédiatement prendre cette hauteur sur la division z, déjà tracée sur la règle BA renversée, et qui a servi à la mesure de la hauteur du point de mire pour le voyant droit.

Mais on n'observe le point de mire m' que dans le cas où il est sur le terrain, et ensuite, jusqu'à la hauteur de 2 mètres, on n'observe plus que le point de mire central m. Si ce point est élevé, par exemple, de B jusqu'à a, la partie inférieure de la plaque couvrira celui auquel il correspondra sur la division de la règle BA, et on ne pourra connaître sa hauteur au-dessus

du terrain que par une mesure directe avec le double décimètre, ce qui prendrait trop de temps.

Pour lire immédiatement la hauteur du point de mire du voyant renversé au-dessus du terrain (fig. 16 et 17), on a fixé derrière sa plaque un décimètre en cuivre *ee'* divisé en centimètres et millimètres. Il est placé au-dessous de la ligne de mire suivant la règle BA et le plus près possible de cette règle, sur la face latérale de laquelle on a tracé une division en décimètres, et cette division est numérotée, en montant de B à A, par les nombres 10, 20, 30, jusqu'à 200 centimètres. Au moyen de cette division et de celle du décimètre en cuivre en centimètres et millimètres, on peut lire la mesure de la hauteur du point *a* au-dessus de B du terrain. On voit que cette hauteur est de 4 décimètres, plus une fraction, que l'on trouve être, sur le décimètre en cuivre, de 2 centimètres, plus un millimètre et demi; la hauteur de *a* au-dessus de B du terrain est donc de $0^m,421$ millimètres et demi, que l'on écrit dans le registre. On opère de la même manière pour la mesure de toutes les hauteurs de mire que l'on aura à observer, jusqu'à celle de 2 mètres.

APPLICATION DES DIFFÉRENTS NIVEAUX AU NIVELLEMENT DU CANEVAS TOPOGRAPHIQUE ET A CELUI DES DÉTAILS DU TERRAIN.

Le nivellement du canevas topographique s'exécute par la méthode du cheminement, en opérant successivement sur chacun de ses points pris deux à deux, et

dont les cotes de niveau servent de repère au nivellement des points de détails, qui se fait par la méthode du rayonnement.

NIVELLEMENT DU CANEVAS POLYGONAL PAR LA MÉTHODE DU CHEMINEMENT.

L'ordre à établir pour la suite des opérations du nivellement du canevas polygonal par le cheminement est le même que celui qui a été adopté pour les opérations du lever de ce canevas.

Si, par la méthode du cheminement, le lever d'un polygone d'un petit nombre de côtés a suffi pour faire comprendre la pratique de ce genre de lever, on pourra également, en s'exerçant sur un polygone semblable, parvenir à se familiariser avec les éléments de la pratique du nivellement, que l'on pourra ensuite appliquer à celui d'un canevas d'une étendue quelconque.

Excepté le nivellement avec le niveau de maçon et le quadruple mètre, le niveau d'eau des anciens, et le niveau à perpendicule du fontainier, les opérations à faire pour exécuter celui d'un canevas polygonal levé avec la planchette ou la boussole, sont les mêmes, en employant tous les autres niveaux que l'usage a fait adopter. Soit qu'on se serve du niveau à perpendicule de Picard et des autres du même genre; soit qu'on prenne le niveau d'eau ordinaire ou celui à lunette flottante; ou bien les niveaux à bulle d'air, à pinnules, ou à deux lunettes, et jusqu'au niveau de Chezi, les opérations à faire avec ces instruments seront les mêmes, et offriront à l'habile niveleur une exactitude suffisante pour exécu-

ter le nivellement des points du canevas polygonal, qui se borne à la mesure de la distance verticale de ces points à l'horizontale du niveau. La seule différence qu'on trouvera entre ces instruments, c'est qu'on peut opérer plus facilement et plus promptement avec les uns qu'avec les autres, et c'est ce que l'expérience nous apprendra. Jusque-là, nous devons les considérer, sous les rapports de l'étude de leur mécanisme et de leur usage, comme étant tous d'une égale importance, pour pouvoir ensuite juger d'une manière sûre le genre d'opération qui convient le mieux à chacun d'eux. Lorsqu'il s'est agi, par exemple, d'exécuter par le cheminement le lever d'un polygone ABCD et E (pl. IX, fig. 1), on a stationné sur le point A pour observer le sommet B, et on a mesuré le côté AB; de B on a observé C, et on a mesuré le côté BC; de C on a observé D, et on a mesuré le côté CD; de D on a observé E, et on a mesuré le côté DE; et de E on a observé A, et on a mesuré le côté EA. Le résultat de ces opérations a produit les données nécessaires pour construire le polygone sur la feuille d'épure d'après une échelle quelconque, et ces opérations du lever par le cheminement ont été exécutées avec le mètre, l'équerre d'arpenteur, la planchette et la boussole, avec la même exactitude graphique et par les mêmes opérations élémentaires, répétées sur chacun des sommets et des côtés du polygone.

Nous avons vu qu'après avoir acquis la pratique de ce lever, on peut exécuter celui d'un polygone d'un nombre quelconque de côtés, comme sont ceux du canevas d'un lever d'une grande étendue de terrain (fig. 2),

lesquels se groupent entre eux, par exemple, comme les polygones ABC, etc., et se rattachent aux points du canevas géodésique x, x', etc. On a vu que ces polygones divisent le terrain en autant de parties et de levers particuliers ; qu'ils forment la base du canevas topographique ; que l'on opère ensuite sur chacun d'eux pour le lever des lignes z, z', etc., qui les divisent en de plus petits, et qu'enfin, concluant successivement du grand au petit, on arrive aux polygones qui circonscrivent les masses de détails de la moindre étendue, tels que sont ceux que nous avons pris pour exemple du lever de ces détails.

Cette manière de coordonner la suite des opérations du lever du canevas topographique, qui est aussi sûre que simple et facile dans la pratique, est la même que l'on suit pour les opérations du nivellement des points de ce canevas ; mais elle présente beaucoup plus de facilité pour le nivellement, parce qu'elle est établie par le numérotage des points relevés et inscrits dans le registre, ce qui ne laisse plus la moindre recherche à faire pour opérer, ni d'autre pratique à acquérir que celle des opérations élémentaires.

Ainsi, par exemple, s'il s'agit du nivellement d'un des grands polygones du canevas général (fig. 2), prenant le sommet n.° 1 de ce polygone pour repère, on nivellera le sommet n.° 2. Pour cette opération, le niveau sera mis en station en x, à une distance égale des deux points à niveler. On observera le voyant placé sur le piquet qui marque le sommet n.° 1 ; le rayon visuel horizontal rencontrera en un point a la mire du voyant

amené dans ce rayon ; on mesure la distance de *a* au point n.° 1 du terrain, et on enregistre cette mesure. Le voyant est ensuite placé sur le piquet qui marque le sommet n.° 2 ; le point de mire *b* est amené dans le rayon horizontal d'observation ; on mesure la distance de *b* au sommet n.° 2, et on enregistre cette mesure. Si la distance de *a* au point du terrain n.° 1 est égale à la distance de *b* au point n.° 2, les deux points seront à la même cote et dans la même horizontale. Si ces distances sont inégales, on soustrait la plus petite de la plus grande, et la différence est la quantité dont l'un des points est plus élevé que l'autre ; on écrit cette différence dans le registre.

On transporte ensuite le niveau en x', à une distance égale des sommets n.os 2 et 3 ; on observe le sommet n.° 2 pris pour repère, puis le sommet n.° 3 ; on enregistre la hauteur de la mire au-dessus de ces points, et on en conclut leur différence de hauteur que l'on enregistre également. On porte ensuite et successivement le niveau entre les sommets n.os 3 et 4, et n.os 4 et 5, enfin entre tous les sommets du polygone, en répétant les mêmes opérations jusqu'au point de fermeture n.° 1.

La pratique du nivellement par le cheminement est donc tout entière dans ces seules opérations, au moyen desquelles on trouve la différence de hauteur entre deux points du terrain, et par leur répétition, celle de tous les sommets d'un polygone d'un nombre quelconque de côtés. Cette pratique, qui consiste dans l'art d'opérer avec exactitude, peut donc être acquise, comme celle des levers, sur un polygone de peu d'étendue.

NIVELLEMENT D'UN POLYGONE PAR LE CHEMINEMENT AVEC LE NIVEAU DE MAÇON ET LE QUADRUPLE MÈTRE.

Les sommets du polygone sont marqués sur le terrain par des piquets, et ses côtés joints par un cordeau. Les opérations du nivellement, comme nous l'avons vu, s'exécutent avec le niveau de maçon et une règle bien dressée, de 4 ou 5 mètres, au centre de laquelle on place le niveau. Cette règle est horizontale lorsque le fil à plomb passe exactement par la ligne de foi. On peut alors mesurer la distance verticale des extrémités de cette règle aux points du terrain qui y correspondent, et en conclure la différence de hauteur qui peut exister entre ces points.

Le nivellement du polygone consistera à faire la recherche de ces différences par le nivellement simple, si la règle a assez d'étendue pour être posée par ses bouts sur les deux points à niveler; et le nivellement sera composé, si les points sont assez éloignés entre eux pour qu'on soit obligé d'opérer successivement sur des points intermédiaires *a*, *b*, *c*, *d*, *e*, *f* et *g*, ce qui a presque toujours lieu pour ce genre de nivellement.

Dans ce cas (fig. 4), on placera sur le sommet n.° 1 du polygone un des bouts *r* de la règle, qu'on mettra dans la direction du cordeau qui marque la trace du côté n.ºs 1 et 2; on l'amènera ensuite dans une position horizontale, en élevant son bout *r* ou son bout *m*, selon que le terrain sera plus bas du côté de *r* que du côté de *m*, ou, comme nous le supposons, du côté de *m* que

du côté de *r*. On mesurera la distance verticale du bout de la règle relevée au-dessus d'un point *a* du terrain. On marquera exactement ce point, sur lequel on placera l'extrémité *r* de la règle que l'on aura portée en avant, et son autre extrémité *m* sera en *b*. La règle ainsi disposée sera amenée dans une position horizontale, et on mesurera la distance au terrain de son extrémité *m* relevée. On notera ces mesures, et on continuera à opérer de la même manière jusqu'au sommet n.° 2 du polygone, et de la somme de ces mesures partielles prises sur la règle dans ses différentes positions, on en conclura la différence de hauteur entre les sommets n.os 1 et 2.

On répète les mêmes opérations sur les sommets n.os 2 et 3, 3 et 4, 4 et 5, 5 et 1, et on connaît la différence de hauteur entre tous ces sommets, que l'on rapporte ensuite à un plan horizontal de comparaison pour en conclure leur cote de niveau. Si l'on a bien opéré, la cote du point n.° 1, qui a été donné comme repère, sera reproduite par les résultats du nivellement.

On exécute par des procédés analogues le nivellement du même polygone avec le niveau d'eau des anciens et le niveau à perpendicule du fontainier, c'est ce que nous verrons par les exercices sur la pratique de ces instruments.

NIVELLEMENT D'UN POLYGONE PAR LE CHEMINEMENT AVEC LES NIVEAUX A PERPENDICULE, LES NIVEAUX D'EAU ET A BULLE D'AIR, A PINNULES OU A LUNETTES.

Les différents niveaux à pinnules ou à lunettes et le

niveau d'eau, avec lesquels on peut observer les points du canevas à des distances convenables, se placent tous, lorsqu'on veut opérer, au milieu de la droite qui les joint, et d'où l'on observe le voyant placé sur ces points, pour en conclure la différence de hauteur qui existe entre eux.

On opère avec ces instruments, par exemple, pour le nivellement du polygone (fig. 3) dont les sommets sont numérotés 1, 2, 3, 4 et 5, en plaçant l'instrument à une distance égale des sommets n.os 1 et 2. La longueur du côté n.os 1 et 2 a été mesurée; elle est écrite dans le registre des opérations du lever. Cette longueur étant connue, le niveleur en fait mesurer la moitié pour fixer la position du point x sur lequel il place le niveau; ou bien il exécute lui-même cette mesure au pas avec assez d'exactitude, lorsqu'il a acquis la pratique de ce genre de mesurage. Etant en station sur le point x, le niveleur observe le voyant placé dans une position verticale sur le piquet qui marque le sommet n.° 1, et par les signes qu'il fait à l'aide porte-voyant, celui-ci élève le point de mire à la hauteur du rayon horizontal d'observation dirigé par l'axe optique de la lunette; ensuite il lit sur la division de la règle du voyant et sur celle du décimètre en cuivre la mesure de cette hauteur, et le niveleur l'écrit dans le registre. S'il est trop éloigné du porte-voyant pour que cette mesure puisse lui être transmise par la voix, ce dernier l'écrit avec du crayon blanc (fig. 5) sur le revers de la plaque de mire, qui est peint en noir, de manière que le niveleur peut la lire facilement au moyen de la lunette. Pour s'assurer que l'on

n'a pas commis d'erreurs en observant, on fait la vérification en déplaçant le point de mire et le faisant monter de nouveau à la hauteur de l'horizontale du niveau, et l'on aura bien opéré, si cette hauteur est la même, à un millimètre près, que celle trouvée par la première observation.

Pour parvenir à cette exactitude, le point de mire est marqué sur la plaque du voyant (fig. 6) par un cercle *m* peint en blanc, de 2 centimètres de diamètre, sur lequel le fil du réticule se projette, et peut par sa largeur en couvrir une assez grande partie. On juge que le rayon d'observation passe exactement par le centre du cercle, ou le point de mire, d'après l'égalité des deux segments du cercle, visibles en dessus et en dessous de la bande formée par le fil du réticule, et cette égalité s'estime avec assez d'exactitude pour ne commettre qu'une erreur d'un millimètre en plus ou en moins. On conçoit que la bande formée par la projection du fil du réticule, qui couvre la ligne de séparation des deux parties qui divisent la plaque du voyant, ne permet pas de juger la position de cette ligne par rapport à la bande, qui, si elle est, par exemple, d'un centimètre, peut occasionner une erreur égale à cette quantité.

Le voyant ayant été observé sur le point n.° 1, est porté sur le sommet n.° 2. Le porte-voyant conserve la hauteur de la mire observée de x sur le sommet n.° 1, afin qu'à son passage pour aller sur le sommet n.° 2, le niveleur puisse vérifier cette hauteur, et s'assurer que le porte-voyant ne s'est pas trompé en la lisant sur les divisions. Le voyant placé sur le sommet n.° 2 est obser-

vé ; on amène le point de mire à la hauteur de l'horizontale du niveau, et on enregistre cette hauteur.

Le nivellement des points n.os 1 et 2 étant achevé, le niveau est porté en x' à une distance égale des sommets n.os 2 et 3. Le niveleur, pour se rendre sur ce point, vérifie en passant la hauteur de la mire observée de x sur le sommet n.° 2. Le voyant reste placé sur le sommet n.° 2. Il est observé ; le point de mire est amené à la hauteur de l'horizontale du niveau ; on enregistre cette hauteur, et le voyant est porté sur le sommet n.° 3. Il est observé ; le point de mire est de même amené à la hauteur de l'horizontale du niveau, et cette hauteur est enregistrée. En répétant les mêmes opérations et prenant pour repère le sommet n.° 3, on nivelle le n.° 4. Le n.° 4 est pris pour repère du nivellement du sommet n.° 5, et le n.° 5 pour celui du sommet n.° 1, qui est le point de fermeture du nivellement.

REGISTRE DE NIVELLEMENT DU CANEVAS POLYGONAL PAR LA MÉTHODE DU CHEMINEMENT.

Le registre du nivellement (fig. 7) est préparé d'avance ; il se compose de six colonnes. La première est pour les numéros des points nivelés ; dans la deuxième on écrit la longueur des côtés du polygone ; dans la troisième, les hauteurs de la mire ; dans la quatrième et la cinquième, les différences entre ces hauteurs, et enfin la sixième sert à inscrire les cotes des points nivelés que l'on a rapportés au plan général de comparaison.

Nous supposons que le point de mire du voyant a été

élevé au-dessus du sommet n.° 1 de 1^{m},40, et au-dessus du sommet n.° 2 de 1^{m},70. Ces nombres sont écrits dans la troisième colonne sur les mêmes lignes n.ºs 1 et 2, et leur différence s'écrit dans l'une des colonnes des différences, selon que le point nivelé, par exemple, celui du sommet n.° 1 pris pour repère, est plus bas ou plus haut que le sommet n.° 2. S'il est plus bas, on est convenu d'écrire la différence dans la colonne des différences positives, et s'il est plus haut, on l'écrit dans la colonne des différences négatives. Ainsi le sommet n.° 1 pris pour repère étant plus rapproché de l'horizontale du niveau que le sommet n.° 2, est par conséquent plus élevé que ce dernier d'une quantité que l'on trouve être de 0^{m},30 centimètres; il faut donc l'écrire dans la colonne des différences négatives. Continuant à opérer d'après cette convention, la hauteur de la mire sur le sommet n.° 2 pris pour repère étant de 1^{m},80, et celle observée du sommet n.° 3 de 1^{m},30, la différence entre ces deux hauteurs, qui est de 0^{m},50 centimètres, devra être écrite dans la colonne des différences positives, parce que le sommet n.° 2 pris pour repère est plus bas que le sommet n.° 3. La hauteur de la mire sur le sommet n.° 3 pris pour repère est de 1^{m},50, et sur le sommet n.° 4 de 1^{m},90; le point de repère n.° 3 est plus haut que le point du sommet n.° 4, et la différence entre les deux hauteurs, qui est de 0^{m},40, est écrite dans la colonne des différences négatives. La hauteur de la mire sur le sommet n.° 4 pris pour repère est de 1^{m},60, et sur le sommet n.° 5 de 1^{m},40; le point de repère est plus bas que le sommet n.° 5, et la différence entre les

deux hauteurs, qui est de $0^m,20$ centimètres, est écrite dans la colonne des différences positives. La hauteur de la mire sur le sommet n.° 5 pris pour repère est de $1^m,45$, et sur le sommet n.° 1, qui est le point de fermeture, de $1^m,45$; la différence entre ces deux hauteurs est égale à zéro. Les résultats des opérations du nivellement inscrits dans le registre se vérifient par les sommets des différences positives et des différences négatives, qui doivent être égales, si l'on a bien opéré.

La cote donnée du sommet n.° 1 pour la recherche de celle des autres sommets du polygone est, par exemple, de 10 mètres : c'est la distance de ce sommet au plan général de comparaison.

La cote du sommet n.° 2, plus bas que le n.° 1 de $0^m,30$ centimètres, et par conséquent plus éloigné du plan de comparaison, sera de $10^m,00+0^m,30=10^m,30$. La cote du sommet n.° 3, plus haut que le sommet n.° 2 de $0^m,50$ centimètres, sera de $10^m,30-0^m,50=9^m,80$. Celle du sommet n.° 4, plus bas que le sommet n.° 3 de $0^m,40$ centimètres, sera de $9^m,80+0^m,40=10^m,20$. Le sommet n.° 5, plus haut que le sommet n.° 4 de $0^m,20$ centimètres, aura pour cote $10^m,20-0^m,20=10^m,00$. Le sommet n.° 1 étant à la même hauteur que le sommet n.° 5, sa cote sera de 10 mètres, la même que celle qui a été donnée au point de départ du nivellement.

Les opérations de nivellement du canevas polygonal se vérifient par la somme des différences de hauteur négatives et des différences positives, qui doivent être égales, si l'on a bien opéré. Les opérations du rapport des sommets du polygone au plan général de comparaison

sont jugées exactes, lorsque la cote conclue sur le point de fermeture est la même que celle donnée pour le même point pris pour repère du nivellement des autres sommets.

ÉLÉMENTS DU NIVELLEMENT DES DÉTAILS TOPOGRAPHIQUES QUI SE DÉCRIVENT PAR LES LIGNES DE PROJECTION DE LEURS CONTOURS ET DE LEURS ARÊTES, ET DES DÉTAILS DONT ON NE CONNAIT PAS LES GÉNÉRATRICES.

Le nivellement des détails topographiques qui se décrivent par les lignes de projection de leurs contours et de leurs arêtes, se repère aux sommets des polygones du canevas pris deux à deux, ce qui réduit ce nivellement à la répétition des mêmes opérations pour les détails qui se rapportent en particulier à chacune des lignes ou côtés des polygones que déterminent ces sommets ; de sorte que, lorsqu'on a compris et acquis la pratique du nivellement pour exécuter celui des détails qui se rapportent à l'une des lignes polygonales du canevas, on peut exécuter celui des détails de tous les autres côtés, et sans que l'on ait à craindre, pas plus que pour le nivellement du canevas, la moindre confusion dans l'ensemble du résultat de ce genre d'opération.

Le nivellement des détails topographiques diffère de celui du canevas par des procédés techniques élémentaires que nous allons essayer d'expliquer, pour en faciliter l'application tant à celui des détails qui se décrivent par les lignes de projection de leurs contours

et de leurs arêtes, qu'à celui des détails dont on ne connaît pas les génératrices.

DU NIVELLEMENT SIMPLE ET DU NIVELLEMENT COMPOSÉ.

Nous avons vu que ce que l'on entend par le nivellement simple, est l'opération par laquelle on détermine immédiatement la différence de hauteur entre deux points, et successivement, en cheminant, celle de tous es points qui peuvent être les sommets d'un polygone; et que le nivellement composé est celui qui nécessite des opérations répétées sur des points intermédiaires, pour en conclure la différence de hauteur entre les extrêmes.

DU NIVELLEMENT RAYONNANT.

Le nivellement rayonnant s'emploie toutes les fois, par exemple, qu'un point A (fig. 8 et 9) étant donné avec sa cote de niveau, il peut être pris pour repère du nivellement d'un nombre de points quelconque, que de la même station on peut observer autour de l'horizon.

Supposons que le point A pris pour repère, qui peut être celui du sommet d'un polygone, soit à la cote de $40^{m},20$, et qu'il s'agisse de niveler les points *a*, *b*, *c*, *d*, etc. Pour cette opération, le niveau est mis en station sur le point S, le plus possible à égale distance de ces points et du repère A; le voyant est placé sur ce dernier point, et sa mire est élevée à la hauteur de l'horizontale du niveau. Cette hauteur, qui est celle du point de mire au-dessus de celui du terrain, est de $1^{m},10$. Le

voyant est porté successivement sur les points *a*, *b*, *c*, *d*. Il est observé sur chacun de ces points, et la hauteur de la mire au-dessus de *a* est de $1^m,00$, au-dessus de *b* de $0^m,90$, au-dessus de *c* de $0^m,85$, et au-dessus de *d* de $1^m,60$. Ces hauteurs sont écrites dans le registre. On cherche ensuite la différence de hauteur qui existe entre ces points et celui pris pour repère. On dira : le point *a* est plus haut que le repère de $1^m,10-1^m,00=0^m,10$; *b* est plus haut que le repère de $1^m,10-0^m,90=0^m,20$; *c* est plus haut que le repère de $1^m,10-0^m,85=0^m,25$; *d* est plus bas que le repère de $1^m,60-1^m,10=0^m,50$.

Pour trouver les cotes de chacun des points nivelés, par rapport au plan général de comparaison, on dira, d'après la cote du point de repère au plan supérieur de comparaison, qui est de $40^m,20$, que celle du point *a*, plus haut que le repère de $0^m,10$, est de $40^m,20-0^m,10=40^m,10$; que celle de *b*, plus haut que le repère de $0^m,20$, est de $40^m,20-0^m,20=40^m,00$; que celle de *c*, plus haut que le repère de $0^m,25$, est de $40^m,20-0^m,25=39^m,95$; qu'enfin la cote de *d*, plus bas que le repère de $0^m,50$, est de $40^m,20+0^m,50=40^m,70$.

Nous savons que les points nivelés par le rayonnement, pour chaque station, sont soumis au même plan du niveau; que le plan général de comparaison est parallèle à ce dernier; que, d'après notre exemple, la distance entre ces deux plans est de $40^m,20$, qui est la cote du point de repère, moins la hauteur de la mire au-dessus de ce point, qui est de $1^m,10$. La distance du plan du niveau sera donc de $40^m,20-1^m,10=$

$39^m,10$. Si l'on ajoute à $39^m,10$ la hauteur de la mire, de $1^m,10$, la somme sera de $40^m,20$, qui est la cote donnée du point de repère. Si à la hauteur constante de $39^m,10$ on ajoute $1^m,00$ pour le point *a*, $0^m,90$ pour *b*, $0^m,85$ pour *c*, $1^m,60$ pour *d*, les différentes sommes de ces nombres ajoutés seront les cotes des points nivelés, et l'on aura ainsi immédiatement par une simple addition $39^m,10+1^m,00=40^m,10$, qui sera la cote du point *a*; la cote du point *b* sera de $39^m,10+0^m,90= 40^m,00$; celle du point *c* de $39^m,10+0^m,85=39^m,95$; enfin, celle du point *d* de $39^m,10+1^m,60=40^m,70$.

Nous supposons que le point A, pris pour repère, est un sommet de polygone, et que B est un autre sommet qui détermine le côté AB; que les opérations du nivellement ont pour objet celui des détails qui se rapportent à ce côté; que, pour compléter le nivellement de ces détails, le point B est pris pour repère du nivellement des points complémentaires *e*, *f*, *g* et *h*. Le niveau est mis en station sur S', à peu près au centre des points à niveler et du repère B. Le voyant est placé sur le repère, et successivement sur les points *d* et *c* déjà nivelés, et sur les points *e*, *f*, *g* et *h* à niveler. La hauteur de la mire sur le repère B est de $1^m,70$, et sa cote de $40^m,60$. La distance du plan du niveau au plan général de comparaison est de $40^m,60-1^m,70= 38^m,90$.

La hauteur de la mire au-dessus de *c* est de $1^m,05$, et sur *d* de $1^m,80$; la cote du point *c* est de $38^m,90 +1^m,05=39^m,95$, et celle du point *d* de $38^m,90+ 1^m,80=40^m,70$. Ces deux points, déjà observés de la

première station S et de la deuxième station S', s'observent de nouveau comme moyen de vérification, et l'on a bien opéré, si les résultats de la double observation produisent les mêmes cotes.

La hauteur de la mire au-dessus de *e* est de $1^m,60$, sur *f* de $1^m,50$, sur *g* de $1^m,39$, sur *h* de $1^m,55$; la cote du point *e* est de $38^m,90+1^m,60=40^m,50$, celle du point *f* de $38^m,90+1^m,50=40^m,40$, celle du point *g* de $38^m,90+1^m,39=40^m,29$, et celle du point *h* de $38^m,90+1^m,55=40^m,45$. Les résultats de ces opérations s'écrivent dans le registre du nivellement des détails topographiques, et les cotes de niveau sur leurs points de projection tracés sur les dessins cotés du lever.

Le registre se compose (fig. 10) de quatre colonnes. La première sert à indiquer les lignes polygonales auxquelles on a rapporté le nivellement des détails, les points de repère et ceux des stations. La deuxième colonne est pour la désignation des points nivelés, et la troisième pour inscrire la hauteur du point de mire. Dans la quatrième on écrit d'abord la distance du plan du niveau au plan général de comparaison, et ensuite les cotes de niveau rapportées à ce plan.

Le nivellement des détails qui se rapportent aux lignes polygonales BC, GD, DE, ou à toute autre ligne du canevas, s'exécute d'après les mêmes procédés et selon la nature des détails, soit d'une ou de plusieurs stations.

Par exemple, les points de détails qui se rapportent à la ligne BC se nivellent de la même station S, prise à une distance à peu près égale des sommets B et C.

Pour opérer, le voyant est placé sur le sommet B pris pour repère; il est observé, et le point de mire est élevé à la hauteur de l'horizontale du niveau. Cette hauteur est de $1^m,80$; la cote de B est de $40^m,50$, et la distance du plan du niveau au plan général de comparaison est de $40^m,50 - 1^m,80 = 38^m,70$. La série des observations faites de la station S sur les points qui se rapportent à la ligne polygonale BC est séparée, dans le registre, des observations faites des stations S et S' sur les points qui se rapportent à la ligne polygonale AB, par un trait au-dessous duquel on écrit, dans la première colonne, les lettres AB, pour faire voir que c'est sur le côté AB que l'on a opéré; puis, au-dessous, la lettre B prise pour repère, et plus bas, la lettre S de station.

La hauteur de la mire au-dessus du point B de repère, qui est de $1^m,80$, est écrite dans la troisième colonne, et la cote de niveau de ce point, de $40^m,50$, dans la quatrième. La hauteur du plan général de comparaison au-dessus du plan particulier du niveau, qui est de $38^m,70$, s'écrit dans la même colonne au-dessus de ce dernier nombre.

Les lettres *a*, *b*, *c*, *d*, *e*, *f*, *g*, *h* et *i* sont écrites dans la deuxième colonne; elles désignent les points à niveler que l'on observe successivement de la station S, d'où ils sont visibles.

On observe d'abord comme moyen de vérification les points *f* et *g*, déjà observés de la station S' de la ligne polygonale AB. La hauteur de la mire au-dessus de *f* est de $1^m,70$, et au-dessus de *g* de $1^m,59$. Les

cotes déduites de ces hauteurs, par rapport au plan général de comparaison, sont, pour f, de $38^m,70+1^m,70=40^m,40$, et pour g, de $38^m,70+1^m,59=40^m,29$. Ces cotes étant les mêmes que celles obtenues des premières observations, sont une preuve que ces observations ont été bien faites.

Les autres points de détails étant observés successivement, on trouve que la hauteur de la mire au-dessus de a est de $1^m,60$, au-dessus de b de $1^m,59$, au-dessus de c de $1^m,50$, au-dessus du sommet C de $1^m,80$, au-dessus de d de $1^m,70$, de e de $1^m,75$, de f de $1^m,84$, de g de $1^m,87$, de h de $1^m,85$, et au-dessus de i de $1^m,62$; on trouvera que la cote de niveau du point a est de $38^m,70+1^m,60=40^m,30$, celle de b de $38^m,70+1^m,59=40^m,29$, de c de $38^m,70+1^m,50=40^m,20$, de C de $38^m,70+1^m,80=40^m,50$, de d de $38^m,70+1^m,70=40^m,40$, de e de $38^m,70+1^m,75=40^m,45$, de f de $38^m,70+1^m,84=40^m,54$, de g de $38^m,70+1^m,87=40^m,57$, de h de $38^m,70+1^m,87=40^m,57$, enfin celle de i de $38^m,70+1^m,62=40^m,32$. Ces cotes sont écrites dans la quatrième colonne du registre, et le nivellement des points qui se rapportent à la ligne polygonale BC est achevé.

On pourra ainsi, comme on le voit, par la répétition des mêmes opérations, niveler avec la même facilité des détails topographiques rapportés à toutes les lignes polygonales du canevas d'un lever d'une étendue quelconque.

NIVELLEMENT PAR LA MÉTHODE DU RAYONNEMENT DES TERRAINS LÉGÈREMENT ONDULÉS.

Le terrain est légèrement ondulé, ou horizontal; dans les deux cas, il est nivelé : d'abord pour connaître de combien il diffère de l'horizontale, et dans le deuxième cas, pour s'assurer s'il est parfaitement horizontal. La surface du terrain fortement accidenté se décrit, comme nous le verrons plus tard, par des sections horizontales, et les terrains légèrement ondulés par le nivellement de points plus ou moins rapprochés, selon l'exactitude à laquelle on a besoin d'atteindre. Pour éviter toute confusion dans la suite des opérations de ce genre de nivellement, ainsi que dans leurs résultats, et pour rendre ces opérations plus exactes et plus promptes, on partage le terrain en parcelles formant des carrés de 10 ou 20 mètres de côté.

On sait que les points à niveler ne doivent être éloignés de la station d'observation que de 50 ou 60 mètres au plus. Pour remplir cette condition, le terrain est d'abord partagé en carrés de 100 mètres de côté, lesquels sont divisés en cinq ou dix parties de 10 ou 20 mètres.

Soit, par exemple, le carré ABCD (pl. X, fig. 1.re), dont les côtés de 100 mètres sont divisés en dix parties égales de 10 mètres. Les droites qui joindront les points de ces divisions composeront cent carrés égaux dont il s'agira de niveler les sommets.

Le grand carré est rattaché sur le terrain à des points

du canevas ou à d'autres points déterminés d'après ceux-ci. Les points de ces sommets sont relevés et projetés sur la carte; on les joint par des droites qui sont la projection des côtés de ce carré, que l'on divise en dix parties égales. On joint les points de division pris sur AD à leurs correspondants de BC, et ceux pris sur AB à leurs correspondants de DC. Ces lignes, par leur intersection, déterminent les sommets des petits carrés qui divisent le grand. Cette construction étant exécutée sur la carte, on s'occupe de la mesure sur le terrain de la division en dix parties de 10 mètres des côtés AB, BC, CD et DA. On joint les points milieu *ab* et *cd* de ces côtés par des droites qui déterminent par leur intersection le point S, centre de ce grand carré, qui, ainsi que les sommets de ce carré, est marqué par un piquet.

Les droites *ab* et *cd* sont divisées en dix parties, comme les côtés du carré, et les points de division sont d'abord marqués par des fiches, que l'on remplace ensuite par des jalons.

La cote de niveau prise pour repère est, par exemple, celle du point A, un de ceux du canevas, ou d'un autre conclu d'un de ces derniers points. On suppose que cette cote, qui est rapportée au plan général de comparaison supérieur, est de $54^{m},60$.

Pour exécuter le nivellement, le niveau est mis en station sur le point S, le voyant sur le point de repère A; la mire est élevée à la hauteur de l'horizontale du niveau. On suppose cette hauteur de $1^{m},40$, et on l'écrit dans la deuxième colonne du registre (fig. 3) sur la même ligne que A, écrit dans la première.

Les points à niveler étant tous au-dessous du plan du niveau, on cherche la distance de ce plan au plan de comparaison, et on trouve qu'elle est de $54^m,60$, cote du point de repère, moins la hauteur de la mire, qui est de $1^m,40$; cette distance est alors de $53^m,20$, et elle est écrite au-dessus et en dehors de la troisième colonne du registre. On écrit la cote du point de repère dans la troisième colonne ; elle est de $53^m,20 + 1^m,40 = 54^m,60$. On observe successivement les points n.ºs 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, et le sommet B. La hauteur de la mire est, pour le point n.° 1, de $1^m,45$; pour le n.° 2, de $1^m,39$; pour les n.ºs 3, 4, 5, 6, 7, 8 et 9, de $1^m,44$, $1^m,41$, $1^m,43$, $1^m,41$, $1^m,38$, $1^m,47$ et $1^m,43$, et sur le sommet B, de $1^m,39$. Ces hauteurs de mire sont écrites dans la deuxième colonne du registre. On observe ensuite les points de division du côté BC, des n.ºs 10, 20.... jusqu'à C. La hauteur de la mire trouvée sur ces points est également écrite à la suite des autres dans la deuxième colonne. La mire est ensuite placée sur le point de division n.° 19 du côté CD, et en remontant parallèlement à CB, sur les points n.ºs 20, 21, etc., jusqu'au point n.° 9 du côté BA.

Pour déterminer sur le terrain la position des points qui sont déjà projetés sur l'épure, soit, par exemple, le point n.° 20, le porte-voyant se met dans la direction du jalon planté sur le point n.° 9 du côté BA, et du jalon planté sur le point n.° 24 de la ligne *cd ;* il se met en même temps dans la direction du jalon planté sur le point n.° 126 du côté DA, et du jalon planté sur le point n.° 60 de la ligne *ba.* Alors le point cherché n.° 20

se trouve à l'intersection des deux directions. Il est observé par le niveleur, et la hauteur de la mire est écrite dans la deuxième colonne du registre, sur la même ligne que le n.° 20, qui est écrit dans la première. En opérant d'une manière analogue, le porte-voyant, en montant, fait la recherche et détermine la position des points n.os 21, 22, etc., jusqu'au point n.° 9 pris sur le côté BA. Le niveleur observe ces points, et il écrit la hauteur de la mire dans la deuxième colonne du registre. Le porte-voyant se place sur le point n.° 8 du même côté BA ; il détermine par les alignements, et en descendant, les points n.os 29, 30, etc., jusqu'au point n.° 38 du côté CD. On observe ces points, et les hauteurs de la mire sont écrites dans la deuxième colonne du registre. Le point n.° 39 du même côté CD est observé ; on fait la recherche en montant, puis l'on observe les points n.os 40, 41, etc., jusqu'au point n.° 7 du côté BA, et on enregistre les hauteurs de mire. On observe le point n.° 6 du même côté BA ; on fait la recherche en descendant, et on observe les points n.os 49, 50, etc., jusqu'au point n.° 58 du côté CD. On observe le point n.° 59 du même côté CD ; on fait la recherche en montant, et on observe les points n.os 60, 61, etc., jusqu'au point n.° 5 du côté BA. On observe le n.° 4 du même côté BA ; on fait la recherche en descendant, et on observe les n.os 68, 69, etc., jusqu'au n.° 77 du côté CD. On observe le n.° 78 du même côté CD ; on fait la recherche en montant, et on observe les n.os 79, 80, etc., jusqu'au n.° 3 du côté AB. On observe le n.° 2 du même côté AB ; on fait la recherche en descendant,

et on observe les points n.os 88, 89, etc., jusqu'au n.° 97 du côté DC. On observe le n.° 98 du même côté DC; on fait la recherche en montant, et on observe les n.os 99, 100, etc., jusqu'au n.° 1 du côté AB. On observe le sommet A, on fait la recherche en descendant, et on nivelle les points n.os 108, 109, etc., jusqu'au sommet D, sur lequel se termine le nivellement de la partie du terrain que comprend le carré ABCD. Les observations sur les points du côté AB que l'on répète, sont une preuve, si elles produisent les mêmes résultats, que les premières opérations sont exactes.

Les hauteurs du point de mire au-dessus des points nivelés sont toutes écrites dans le registre, et en les ajoutant successivement à la distance constante du plan de comparaison au plan du niveau, écrite à la tête du registre, on aura la cote de niveau de chacun de ces points, que l'on écrit ensuite sur l'épure du lever.

Les grands carrés, dont les côtés ne doivent pas excéder 120 mètres, peuvent être, d'après la figure et l'étendue du terrain, d'une moindre dimension, de même que le terrain peut comprendre plusieurs grands carrés, et de plus, par l'irrégularité de son contour, des parties de ces grands carrés.

Soit, par exemple (fig. 2), un terrain qui comprend quatre grands carrés, n.os 1, 2, 3, 4, et cinq carrés incomplets, n.os 5, 6, 7, 8, 9. Le premier carré ABCD a été construit et levé sur le terrain; le deuxième BEFC a été construit sur le prolongement de AB et de DC, en mesurant BE et CF; le troisième carré a été construit sur le prolongement de AD et de BC, en me-

surant DI et CH; enfin, le quatrième carré a été construit sur le prolongement de IH, en mesurant HG. Les sommets de ces carrés sont marqués par des piquets; leurs côtés sont divisés de 10 en 10 mètres; les points de division, joints par des droites, les subdivisent en de plus petits; les sommets de ces derniers sont nivelés, et les résultats du nivellement, desquels on déduit leurs cotes de niveau, sont écrits dans le registre, comme nous l'avons expliqué pour la pratique de ce genre de nivellement.

La figure irrégulière n.° 5 se construit sur le prolongement de FG et de GH, en mesurant GK et HL jusqu'au bord de la rivière. La figure n.° 6 est dans le prolongement de DI; on mesure IM. La figure n.° 7 est dans le prolongement de HI; on mesure IN jusqu'à la route. La figure n.° 8 est dans le prolongement de CD; on mesure DO. Enfin la figure n.° 9 est dans le prolongement de BA; on mesure AP. Les points K, L, M, N, O et P, sont marqués par des piquets. On détermine sur les côtés GK, HL, IM, IN, DO et AB, des points distants entre eux de 10 mètres. Par ces points on fait passer des droites parallèles à GN et à MA. La rencontre de ces lignes, qui sont prolongées jusqu'à la route et la rivière, divisent la figure 7 en petits carrés de 10 mètres de côté; et les points de rencontre à la route et à la rivière sont marqués par des piquets. Et pour terminer la division des figures n.os 5, 6, 8 et 9 en de petits carrés de 10 mètres de côté, on prolonge les lignes qui passent par les points de division des grands carrés

n.os 3 et 4, sur les figures n.os 5 et 6, jusqu'au bord de la rivière, où elles déterminent des points que l'on marque avec des piquets. Les lignes de division des grands carrés n.os 1 et 3 sont prolongées sur les figures 8 et 9 jusqu'à la route, et déterminent des points que l'on marque ainsi avec des piquets. Les figures 8 et 9 sont divisées comme les autres, en de petits carrés de 10 mètres de côté. On peut niveler successivement les sommets de ces carrés, en stationnant au milieu de chacune des figures, et en répétant pour chacune d'elles les mêmes opérations du rayonnement. On pourra donc, par cette division du travail et la marche méthodique des opérations, et sans qu'il y ait à craindre aucune confusion dans l'ensemble de ces résultats, exécuter le nivellement d'une étendue de terrain quelconque, et quelle que soit l'irrégularité de son contour.

RECHERCHE DE POINTS DU TERRAIN A LA MÊME COTE.

La recherche d'un point sur le terrain à la même cote qu'un autre point donné pour repère se fait par le tâtonnement.

Soit (fig. 4) le point A donné pour repère, et qu'il s'agisse de déterminer sur le terrain un point B à la même cote. Pour cette opération, le niveau est mis en station en S, à peu près à une égale distance de A; le voyant est tenu sur A; sa mire, élevée à la hauteur de l'horizontale du niveau, est fixée au moyen de la vis de pression. Conservant cette position, le

voyant est porté vers le point B; il est placé d'abord en B′; on l'observe, et on reconnaît que le point de mire est trop haut. Par des signes que fait le niveleur au porte-voyant, celui-ci le descend le long de la pente, et le niveleur, par le rayon d'observation, le suit jusqu'à ce que le fil croisé du réticule passe exactement par le point de mire. Alors le pied du voyant marquera sur le terrain le point cherché B, et ce point sera à la même distance de l'horizontale du niveau que le point A, et par conséquent à la même cote.

Prenant ensuite B pour repère, et répétant les mêmes opérations, on pourra faire la recherche et fixer la position d'un troisième point C à la même cote que A et B, et l'on déterminera ainsi successivement les points nécessaires pour faire sur l'épure le tracé d'une horizontale du terrain.

RECHERCHE SUR LE TERRAIN DE POINTS QUI SOIENT ENTRE EUX A DES DISTANCES VERTICALES DÉSIGNÉES.

On veut faire sur le terrain la recherche d'un point plus bas ou plus haut qu'un point donné; soit, par exemple, le point A (fig. 5) pris sur une ligne LM dirigée suivant la pente du terrain. Le point B doit être plus bas que A d'un mètre. Pour opérer, le niveau est mis en station en S, entre les points A et B, de manière que son horizontale d'observation passe à une petite distance au-dessus du piquet qui marque le point A. Le voyant est placé sur ce point; il est observé. La mire est amenée à la hauteur de l'horizontale du niveau,

qui est de 0^m,30. Si le point B doit être d'un mètre plus bas que A, le point de mire est élevé d'un mètre; la mire est alors à la hauteur de 1^m,20, et le voyant, tenu dans une position verticale, est descendu le long de la pente LM jusqu'à ce que le point de mire se trouve en *b*, à la hauteur de l'horizontale du niveau. Alors le pied du voyant marquera sur le terrain la position d'un point B, qui sera le point cherché, à la distance verticale d'un mètre au-dessus du point de repère A. On pourra, en répétant les mêmes opérations, déterminer sur la ligne LM une suite de points qui pourront être ceux des profils qui servent de base au lever des lignes de niveau du terrain.

S'il s'agit de déterminer sur la ligne LM (fig. 6) un point G qui soit plus haut que le repère A d'une quantité donnée, par exemple, de 1^m,50, pour opérer, le niveau est mis en station en S', entre les points A et G, de manière que son horizontale passe à une petite distance au-dessous du point G, dont on apprécie à peu près la position. Le voyant est placé sur le piquet qui marque le point de repère A; sa mire est élevée jusqu'à *a*, à la hauteur de l'horizontale du niveau : cette hauteur est de 1^m,70. Si le point G dont on cherche la position ne doit être élevé au-dessus de A que de 1^m,50, le point de mire sera trop élevé de 0^m,20, qui sera la hauteur de l'horizontale *g* du niveau au-dessus du point G du terrain.

Pour déterminer ce point, il ne s'agira que d'abaisser le point de mire d'un mètre; il restera à la hauteur de 0^m,20, étant fixé à cette hauteur par la vis de

pression. Le voyant, tenu dans une position verticale, est monté le long de la pente, dans la direction de L, jusqu'à ce que le point de mire se trouve en *g*, à la hauteur de l'horizontale du niveau. Alors le pied du voyant marque sur le terrain la position d'un point G, que l'on cherche au-dessus du point de repère A, à la distance verticale de 1^{m},50. Répétant les mêmes opérations, et prenant le point G pour repère, on pourra, en montant du côté de L, déterminer la position d'un point H, et successivement celle de tous les points I, K, etc., qui pourront être ceux d'un profil.

DU NIVELLEMENT AVEC LE VOYANT RENVERSÉ.

Nous venons de voir qu'étant en station avec le niveau à une distance égale entre deux points à niveler, on peut connaître immédiatement leur différence de hauteur, et que, lorsqu'un des points à niveler se trouve plus élevé que l'horizontale du niveau, on trouve sa hauteur au-dessus de l'autre par le nivellement successif de points intermédiaires, dont les résultats font connaître la différence de hauteur qui existe entre les deux points extrêmes.

Mais il peut arriver que les deux ou un seul des points à niveler soient plus élevés que le plan du niveau, et que ces points soient inaccessibles par le cheminement du nivellement composé. Que le point B, par exemple (fig. 7), soit, pour le premier cas, le sommet d'un mur, et le point A au-dessous de l'horizontale du niveau. Pour déterminer la différence de

hauteur entre les points A et B, le niveau est mis en station au point S, à une distance égale des verticales de ces points. Le voyant est placé sur le point A ; il est observé, et la mire est élevée jusqu'à a, à la hauteur de l'horizontale du niveau, que l'on trouve être de $1^m,40$.

Pour le nivellement du point B, on renverse le voyant; son pied est élevé à la hauteur du point B, et le niveleur fait descendre le point de mire b jusqu'à l'horizontale du niveau. La distance de B à A est de $2^m,60$, et la hauteur du point B au-dessus du repère A est de $2^m,60+1^m,40=4^m,00$.

Si on veut connaître la hauteur du sommet du mur à son pied C, le voyant est redressé et placé sur le point C; on élève sa mire jusqu'à l'horizontale b du niveau; sa hauteur au-dessus de C est de $1^m,70$, et celle de B au-dessus du même point b de $2^m,60$; la hauteur du mur est donc de $1^m,70+2^m,60=4^m,30$.

Les points A et B (fig. 8) sont au-dessus du plan du niveau. Le point A peut être nivelé avec le voyant renversé. Pour cette opération, la mire est descendue jusqu'à l'horizontale a du niveau, et la distance de A à cette horizontale est de $2^m,90$. Le point B, que nous supposons au sommet d'une tour, se nivelle au moyen d'un cordeau auquel est suspendu un plomb que l'on fait descendre jusqu'à b sur l'horizontale du niveau. Sur le quadruple mètre couché à terre, on mesure la longueur du cordeau, que l'on suppose de $10^m,95$. La différence de hauteur entre les points A et B sera de $10^m,95-2^m,90=8^m,05$.

Si l'on veut connaître la hauteur BC de la tour et

celle du mur AD, le voyant sera placé successivement sur C et sur D. Il est tenu sur C; sa mire est élevée jusqu'à *b* de 1^m,70, et la hauteur de B au-dessus de C est connue; elle est de 1^m,70+10^m,95=12^m,65. Le voyant est ensuite placé sur D; sa mire est élevée jusqu'à *a* de 1^m,40, et la hauteur de A au-dessus de D est de 1^m,40+2^m,90=4^m,30.

APPLICATION DES ÉLÉMENTS DU NIVELLEMENT RAYONNANT A CELUI DES DÉTAILS DU TERRAIN.

Comme nous venons de le voir, l'application des éléments du nivellement rayonnant consiste à faire le choix des stations sur lesquelles on doit opérer pour niveler les points qui sont visibles de ces stations autour de l'horizon. De ces mêmes stations on observe ces points, pour connaître la différence de hauteur qui existe entre chacun d'eux, et le point pris pour repère du nivellement. On répète donc pour chacun de ces points les mêmes opérations, et successivement sur chacune des stations, soit qu'il s'agisse du nivellement des détails qui se décrivent par les lignes de projection de leurs contours et de leurs arêtes, comme ceux des bâtiments et des autres ouvrages d'art, tels que des canaux, des écluses, des ponts, des chaussées, des ouvrages de fortification, etc., des chemins ordinaires, des sentiers, etc.; les arêtes des accidents du terrain, des roches et des ravins, etc.; des rivières et des ruisseaux; soit pour le nivellement des formes du terrain dont on ne connait pas les génératrices, et

que l'on décrit par les lignes de projection des sections horizontales équidistantes; soit enfin pour le nivellement, par la méthode du rayonnement, des surfaces du terrain légèrement ondulées, qu'il serait trop difficile ou même inutile de décrire par des sections horizontales.

DU NIVELLEMENT DES LIGNES DE CONTOUR DES BATIMENTS LEVÉES ET PROJETÉES SUR LA CARTE.

Les exercices sur la pratique des opérations du nivellement nous ont fait connaître le mécanisme et l'usage des instruments dont on se sert pour exécuter ces opérations; ils nous ont appris l'emploi plus ou moins facile que l'on en peut faire, et à choisir ceux qui conviennent le mieux aux différents genres de nivellement.

Nous avons reconnu qu'avec le niveau de maçon placé sur le quadruple mètre, le niveau d'eau des anciens et le niveau à perpendicule des fontainiers de Constantinople, on ne peut opérer que par le cheminement, pour le nivellement des lignes polygonales, telles que sont celles du canevas; que les niveaux à perpendicule de Picard, de Para, de Huyghens, de Rœmer, et le niveau d'eau à lunette flottante de Mariotte, ne sont propres qu'aux opérations du nivellement par le cheminement; nous avons vu également que l'usage de tous ces instruments à dû être abandonné pour le niveau d'eau des modernes et le niveau à bulle d'air de Chezi, au moyen desquels on opère avec plus d'exactitude, et surtout bien plus vite, pour tous les genres de nivellement, par les méthodes du cheminement et du rayonnement.

Nous supposons que les opérations par lesquelles on nivelle les détails topographiques de tout genre s'exécutent avec l'un ou l'autre de ces instruments, en donnant pourtant la préférence au niveau à bulle d'air de Chezi, qui est d'un usage plus facile que le niveau d'eau.

Qu'il s'agisse, par exemple, du nivellement des détails qui se rapportent aux côtés du polygone (fig. 9) que nous avons pris pour exemple du lever du contour des détails des bâtiments. On opère successivement sur les points de détails qui se rapportent en particulier à chacun des côtés de ce polygone, dont les sommets pris deux à deux sont les repères du nivellement de ces points. On fait le choix des stations d'observation, qui sont plus ou moins nombreuses, suivant la disposition des points à niveler. Ces points sont marqués sur le croquis du lever par de petites lettres qui servent à distinguer dans le registre les résultats du nivellement, lesquels sont les hauteurs de la mire et les cotes de niveau de chacun des points rapportés au plan général de comparaison, que l'on écrit dans la deuxième et la troisième colonne du registre; ces cotes sont ensuite portées sur le dessin coté du lever. Opérant ainsi successivement sur chacun des points de détails qui se rapportent aux lignes polygonales du canevas et à leurs lignes complémentaires, on parvient, sans qu'il en résulte aucune confusion dans la suite du travail et de ses résultats écrits dans le registre, à exécuter avec la plus grande facilité, comme nous allons le voir, les opérations du nivellement des détails.

Nous verrons qu'après avoir nivelé les points qui se rapportent au côté n.ºs 1 et 2 du polygone (fig. 9 et 10), on

n'aura plus qu'à répéter les mêmes opérations pour niveler les points qui se rapportent aux côtés n.ºs 2 et 3 , 3 et 4, 4 et 5 , 5 et 1 , ou aux côtés plus nombreux d'un autre polygone et à leurs lignes complémentaires, auxquelles sont rapportés les points de détails qui n'ont pu l'être aux premières lignes polygonales. Si l'on peut parvenir, par la répétition des opérations élémentaires, à niveler les détails circonscrits par un polygone quelconque, on pourra également exécuter le nivellement des détails circonscrits par un deuxième polygone, par un troisième, et par tous ceux qui composent le canevas général d'un lever, quelle que soit son étendue, si, par des exercices répétés, on a acquis la pratique élémentaire de ce genre de nivellement, c'est-à-dire l'art d'opérer avec exactitude. Cet art fait bientôt acquérir la facilité et la promptitude qu'exige un semblable travail; mais on ne parvient que très-difficilement à ce but, si l'on n'a d'avance étudié, d'après un enseignement méthodique, les éléments de cette pratique, qui ne consiste plus, lorsqu'on possède la connaissance des procédés techniques, que dans l'adresse de la main pour opérer avec les instruments, et dans la justesse du coup d'œil pour observer avec exactitude, ce qui est en définitive l'objet principal que l'on se propose dans l'enseignement de l'art des levers et du nivellement topographiques, qui, sous ce rapport, pour être utile, exige une grande habileté, à laquelle on ne peut parvenir directement, nous le répétons, que par une étude rationnelle et méthodique de ses éléments.

Le nivellement des détails qui se rapportent au côté n.ºs 1 et 2 du polygone (fig. 10) s'exécute avec le niveau

d'eau ou le niveau à bulle d'air de Chezi. Les points à niveler, a, b, c, d, etc., sont écrits sur le dessin coté du nivellement; les cotes des sommets n.os 1 et 2 sont écrites sur les points de projection de ces sommets; on fait ensuite la recherche des points de station d'où l'on puisse observer par le rayonnement le plus grand nombre de points possible. D'après notre exemple, les stations nécessaires pour le nivellement des points de détails qui se rapportent au côté n.os 1 et 2 sont au nombre de deux; elles sont marquées sur le terrain et projetées sur le dessin coté, étant désignées par de grandes lettres, la première par la lettre A, et la deuxième par la lettre B. Sur le registre préparé d'avance pour inscrire les résultats du nivellement, on écrit à la tête de la première colonne les n.os 1—2, qui indiquent que l'on a opéré sur le premier côté du polygone, numéroté 1 et 2; on écrit au-dessous dans la même colonne le n.° 1, qui désigne le sommet du polygone pris pour repère sur la même ligne, et dans la troisième colonne on écrit la cote de niveau du même point rapportée au plan général de comparaison. Cette cote, qui est donnée, est écrite sur le dessin coté; elle est de 41m,60.

Après ces opérations préliminaires, le niveau est mis en station en A; ce point a été choisi de manière à se trouver autant que possible à peu près à une distance égale des points à niveler et de celui n.° 1 pris pour repère. Le voyant est placé dans une position verticale sur le point de repère; sa mire est élevée à la hauteur de l'horizontale du niveau, qui est de 1m,50; elle est écrite dans la deuxième colonne du registre. De la hauteur de

la mire et de la cote du point de repère on déduit la distance verticale entre le plan du niveau et le plan général de comparaison supérieur ; cette distance, que l'on écrit au-dessus et en dehors de la troisième colonne du registre, est de $41^m,60-1^m,50=40^m,10$. On écrit dans la première colonne les lettres qui désignent les points à niveler, et on observe ces points en faisant porter le voyant successivement sur chacun d'eux. La lettre A, qui indique qu'ils ont été nivelés de la station qu'elle désigne, est écrite à gauche en dehors de la première colonne du registre. La hauteur de la mire au-dessus des points observés est pour *a* de $1^m,50$, pour *b* de $1^m,44$, pour *c* de $1^m,46$, pour *d* de $1^m,45$, pour *e* de $1^m,44$, pour *m* de $1^m,49$, pour *i* de $1^m,48$, enfin pour *h* de $1^m,50$. Ces hauteurs sont écrites dans la seconde colonne du registre, sur les mêmes lignes que les lettres qui désignent les points nivelés de la station A ; les cotes de niveau de ces points sont égales à la hauteur de la mire trouvée sur chacun d'eux, et ajoutée à la distance constante du plan du niveau au plan général de comparaison. Ainsi la cote de niveau du point *a* est de $40^m,10+1^m,45=41^m,55$, celle du point *b* de $40^m,10+1^m,44=41^m,54$. Il en est de même des cotes des autres points *c*, *d*, *e*, *m*, etc., que l'on écrit dans la troisième colonne du registre.

De la même station A on nivelle les points qui doivent servir de repère pour le nivellement des lignes complémentaires et des détails qui s'y rapportent. D'après l'exemple, ces points seraient pris sur le seuil des portes d'entrée des différentes propriétés ; ce sont

alors des points fixes qui suppléent à ceux des sommets de polygone, lorsque ceux-ci ont disparu, et on figure en marge, sur un dessin en élévation, la place dans laquelle se trouvent ces points : par exemple, le point y est pris au bas du pied droit de gauche, et sur le seuil de la porte d'entrée de la maison, que l'on désigne dans la colonne d'observation par son numéro ou le nom de son propriétaire. Il en est de même pour les points y, z et z', pris également sur le seuil des portes d'entrée d'autres propriétés, et les lettres qui désignent ces points sont écrites dans la première colonne du registre, la hauteur de la mire observée sur chacun d'eux dans la troisième colonne, et dans la quatrième leurs cotes de niveau. La hauteur de la mire est, par exemple, pour y de $1^m,30$, et sa cote de niveau de $1^m,30 + 40^m,10 = 41^m,40$; pour y' de $1^m,20$, et sa cote de niveau de $41^m,30$; pour z de $1^m,40$, et sa cote de niveau de $41^m,50$; pour z' de $1^m,30$, et sa cote de niveau de $41^m,40$.

Le nivellement des points qui ont été observés de la station A étant achevé, le niveau est mis en station en B, d'où l'on observe les points qui complètent ceux qui ont pu être rapportés à la ligne polygonale n.ºs 1 et 2. De la station B on observe le sommet n.° 2 pris pour repère; on trouve que la hauteur de la mire est de $1^m,55$ au-dessus de ce point, dont la cote de niveau, ou sa distance au plan général de comparaison, est de $41^m,80$; la distance du plan du niveau au plan de comparaison sera par conséquent de $41^m,80 - 1^m,55 = 40^m,25$. Cette distance s'écrit isolément dans la quatrième co-

lonne du registre. Le n.° 2 du sommet pris pour repère s'écrit dans la première colonne ; la hauteur de la mire prise sur ce point, de 1^{m},55, dans la deuxième, et sa cote de niveau, de 41^{m},80, dans la troisième. Les lettres qui désignent les points à niveler de la station B, pris sur le dessin coté des détails, sont écrites dans la première colonne du registre, à la suite du n.° 2, qui désigne le sommet du polygone pris pour repère. Ainsi on écrira les lettres *e*, *f*, *g*, *m* et *n* des points du contour des détails, et les lettres y'', y''', z'' et z''' des points de repère des lignes complémentaires.

Le niveau étant placé en station en B, on observe successivement les points du terrain. La hauteur de la mire au-dessus du point *e* est de 1^{m},29 ; au-dessus de *f*, de 1^{m},34 ; au-dessus de *g*, de 1^{m},40 ; de *m*, de 1^{m},30 ; de *n*, de 1^{m},35 ; de y'', de 1^{m},40 ; de y''', de 1^{m},30 ; de z'', de 1^{m},29, et enfin de z''', de 1^{m},30. On ajoute à ces différentes hauteurs la distance constante du plan général de comparaison au-dessus du plan du niveau. Alors la somme pour chacun de ces points donne leurs cotes de niveau, qui sont écrites dans la troisième colonne du registre, et le nivellement des détails qui ont pu être rapportés à la ligne polygonale n.ºs 1 et 2 est achevé.

Si le nivellement doit s'étendre jusqu'à celui des détails qui se rapportent aux lignes complémentaires du canevas, on l'exécute avant de s'occuper de celui des détails qui se rapportent à la ligne polygonale n.ºs 2 et 3, et ses résultats sont écrits dans le registre à la suite de ceux des premières opérations.

Qu'il s'agisse, par exemple, du nivellement de la

propriété dont l'entrée est marquée par la lettre y sur un point dont la cote de niveau, qui va être prise pour répère, est de $41^m,30$; que les points à niveler soient marqués sur le dessin coté par les lettres o, o', o'', o''' et o^{iv}, et les stations par les lettres C et D. Pour opérer, le niveau sera mis en station sur C, et le voyant sur le repère y'. La hauteur de la mire au-dessus de ce point sera de $1^m,40$, et la distance du plan de comparaison au plan du niveau, de $41^m,65-1^m,40=40^m,25$. La lettre y'', qui désigne le point de repère, est écrite dans la première colonne du registre; la hauteur de la mire au-dessus de ce point, de $1^m,40$, dans la deuxième colonne, et dans la troisième la cote du niveau, de $41^m,65$. On écrit isolément dans la même colonne la distance du plan de comparaison au plan du niveau, qui est de $40^m,25$. On observe le voyant placé sur le point o; la hauteur de la mire au-dessus de ce point est de $1^m,40$, et sa cote de niveau, qui est de $41^m,65$, servira de repère pour le nivellement des points qui devront être observés de la station D. On écrit à gauche et en dehors de la première colonne du registre la lettre C, qui indique la station d'où l'on a observé les points y'' et o. Le niveau est mis en station en D, le voyant sur le repère o; après l'avoir observé, la hauteur de la mire au-dessus de ce point se trouve de $1^m,10$, et la distance du plan de comparaison au plan du niveau, de $41^m,65-1^m,10=40^m,55$. On écrit dans la première colonne du registre la lettre o du point de repère; dans la deuxième, $1^m,10$, hauteur de la mire au-dessus de ce point, et dans la troisième sa cote de niveau, de $41^m,65$, et isolément

au-dessus, et dans la même colonne, la distance du plan de comparaison au plan du niveau, qui est de $40^m,55$. On écrit dans la première colonne les lettres o', o'', o''' et o^{iv}, qui désignent les points à niveler de la station D; on observe ces points, et on trouve que la hauteur de la mire au-dessus de o' est de $1^m,60$, au-dessus de o'' de $1^m,60$, de o''' de $1^m,62$, et de o^{iv} de $1^m,69$. Ces hauteurs sont écrites dans la deuxième colonne du registre; elles sont ajoutées à la hauteur constante du plan de comparaison au-dessus du plan du niveau, et on en conclut la cote des points nivelés, que l'on écrit dans la troisième colonne du registre. Le nivellement des détails intérieurs est alors achevé.

On répète les mêmes opérations pour le nivellement des détails intérieurs des autres propriétés qui se rapportent à la ligne polygonale n.[os] 1 et 2, et dont les entrées sont marquées par les points de repère y, y', y'' et y''', z, z', z'' et z'''.

Par exemple, pour le nivellement de la propriété dont l'entrée est en y'', le niveau est mis en station en E, à une égale distance du repère y'' et du point p. Le voyant placé sur y'' est observé, et la hauteur de la mire au-dessus de ce point est de $1^m,50$, sa cote de niveau de $41^m,65$, et la distance du plan de comparaison au plan du niveau, de $41^m,65-1^m,50=40^m,15$. La lettre y'' est écrite dans la première colonne du registre; la hauteur de la mire, $1^m,50$, dans la deuxième; la cote de niveau, $41^m,65$, dans la troisième, et dans la même colonne, au-dessus, la distance du plan de comparaison au plan du niveau, qui est de $40^m,15$.

On observe le voyant placé sur le point P; la hauteur de la mire est de 1m,49, que l'on écrit dans la deuxième colonne du registre, et la cote de ce point est de 41m,64; on l'écrit dans la troisième colonne, et elle est le repère du nivellement des points à observer de la station F. De cette station on observe le repère p et les points p', p'', p''', p^{iv}, p^{v}. La hauteur de la mire sur le repère p est de 1m,20, sur p' de 1m,40, sur p'' de 1m,39, sur p''' de 1m,395, sur p^{iv} de 1m,396, et sur p^{v} de 1m,39. Ces hauteurs sont écrites dans la deuxième colonne du registre, et la distance du plan de comparaison au plan du niveau est écrite isolément dans la troisième colonne; elle est de 41m,64—1m,20=40m,44. On conclut de ces données les cotes de niveau des points nivelés, et on les écrit dans la troisième colonne du registre.

Le point p' est pris pour le repère du nivellement des points q, q', q'' et q''', que l'on peut observer de la station G. Par ces observations, on trouve que la hauteur de la mire au-dessus de p' est de 1m,20; la cote de ce point étant de 41m,84, la distance du plan de comparaison au plan du niveau sera de 41m,84—1m,20=40m,64. On écrit ces résultats dans la deuxième et la troisième colonne du registre. Les observations faites sur les autres points ont fait trouver que la hauteur de la mire au-dessus de q était de 1m,60, au-dessus de q' de 1m,59, de q'' de 1m,68, de q''' de 1m,685, et on conclut de ces données les cotes des points nivelés rapportés au plan général de comparaison. On écrit ces cotes dans la troisième colonne du registre, et le nivellement des détails intérieurs de la propriété est alors achevé.

Le complément du nivellement de la propriété dont l'entrée est marquée sur le dessin coté par la lettre y''' s'exécute des quatre stations H, I, K et L. De la station H on observe le repère y''' et le point r. La cote du point r est prise pour le repère de nivellement des points r', r'', r''', r^{iv} et r^{v}, observés de la station I. La cote du point r''' est prise pour repère de nivellement du point s, et la cote de ce point est le repère de nivellement des points s', s'', s''', s^{iv} et s^{v}. Les résultats des opérations de ce nivellement, comme ceux de celui des deux premières propriétés, s'écrivent dans le registre. En opérant d'une manière analogue, on nivellera les détails intérieurs des bâtiments dont les entrées sont marquées par les lettres z, z', z'' et z''', et le nivellement des détails qui se rapportent à la ligne n.ºs 1 et 2 du canevas polygonal et aux lignes complémentaires sera achevé.

On pourra alors entreprendre et exécuter successivement le nivellement des détails qui se rapportent aux côtés n.ºs 2 et 3, 3 et 4, 4 et 5, et enfin aux côtés n.ºs 5 et 1, ainsi que celui des détails qui se rapportent à leurs lignes complémentaires. Quelle que soit la nature de ces détails, s'ils se décrivent par les lignes de projection de leurs contours et de leurs arêtes, leur nivellement s'exécute, pour tous, par les mêmes moyens élémentaires d'exécution, que la division du travail et la marche méthodique des opérations rendent d'une application aussi simple que facile.

DE LA PRATIQUE DES OPÉRATIONS DU NIVELLEMENT ET DU LEVER DES SECTIONS HORIZONTALES.

Le nivellement et le lever des points par lesquels on fait sur la carte le tracé de la projection des sections horizontales, consistent, pour le nivellement, dans la recherche de points du terrain de même cote avec le niveau à bulle d'air ou le niveau d'eau, et le lever de ces points s'exécute avec la boussole ou la planchette, par la méthode des intersections.

Les points des horizontales se rattachent à ceux du canevas par des lignes qui joignent ceux-ci, et que l'on distingue en lignes de profils et lignes des bases du lever des horizontales.

Les lignes de profils (Pl. XI, fig. 1) sont dirigées suivant les pentes du terrain ; elles se rattachent aux sommets des polygones du canevas, levés et marqués sur le terrain par des piquets, projetés sur la carte et nivelés. Ces lignes, comme celles du profil AB, sont prises sur les côtés des polygones ; ou, comme le profil CD, c'est une droite qui joint directement les deux points du canevas ; ou bien ces deux points ne peuvent être joints, comme pour le profil EF, que par une suite de droites que fixent des points intermédiaires convenablement disposés, et que l'on marque sur le terrain avec des piquets, sur lesquels on opère pour faire le lever et le nivellement de ces lignes.

Sur les lignes de profils on détermine, par les opérations du nivellement, des points qui sont les repères

auxquels on rapporte le nivellement des horizontales. Ces points sont entre eux à des distances verticales égales, et à une distance en nombre rond de mètres du plan général de comparaison, auquel se rapportent leurs cotes de niveau. L'équidistance des points de profils est ordinairement de 4 mètres, et ils se projettent sur la carte d'après la mesure de leurs distances respectives, laquelle est écrite dans le registre particulier à chacun des profils.

La distance entre les profils dépend de la nature du terrain, pour celui qui est découvert; cette distance peut être de 500 ou 800 mètres. Les points de même cote de chacun des profils pris deux à deux sont joints par des horizontales tracées sur des points distants entre eux de 10, 20 ou 30 mètres, qu'il serait difficile de relever avec assez d'exactitude pour arriver sur le point de fermeture.

Pour rendre cette opération plus facile, on détermine, par les opérations du nivellement, des points intermédiaires à la même cote que ceux de repère pris sur les profils. Les droites qui joignent ces points sont celles que nous désignons par les bases du lever des horizontales.

Les profils se classent entre eux par des numéros d'ordre, et les points équidistants de ces profils par leurs cotés de niveau; enfin, les lignes de bases par les numéros de leurs sommets.

Les lignes de profils et celles des bases qui servent au lever des horizontales, ainsi que les lignes auxquelles on rapporte les détails du terrain, forment, comme ces

dernières, des traverses qui divisent les grands polygones en de plus petits. Ces lignes complètent le canevas, et il ne reste plus, pour achever la description du terrain dans toutes ses parties, qu'à faire la recherche par les opérations du nivellement, et à exécuter le lever des points qui doivent servir au tracé des équidistantes horizontales; ce qui se réduit, comme pour le lever des détails, à répéter les mêmes opérations élémentaires sur chacune des lignes de bases, et quelle que soit la nature du terrain que l'on peut avoir à lever.

LEVER ET NIVELLEMENT DES LIGNES DE PROFILS ET DES POINTS ÉQUIDISTANTS QUE L'ON DÉTERMINE SUR CES LIGNES.

Le lever des lignes de profils s'exécute et s'enregistre comme celui des autres lignes du canevas. Les registres du lever des profils, qui se mettent à la suite de ceux de ces dernières lignes, ont pour titre général la désignation du grand polygone dans lequel on a opéré. Le registre de chaque profil en particulier a pour titre son numéro d'ordre et ceux des points du canevas sur lequel il se repère; ses points de départ et de fermeture sont pris sur les sommets du grand polygone ou sur ceux des traverses.

Qu'il s'agisse, par exemple, du lever du profil AB (fig. 2), dont le point de départ est au sommet n.° 40, du grand polygone, le point de fermeture au sommet n.° 43, et qui a pour intermédiaires les lignes n.os 40 et 41, 41 et 42, 42 et 43 du même polygone. Le lever des lignes de ce profil, déjà écrit dans le registre de

lever du grand polygone, est transcrit dans celui du profil, que nous supposons être le premier dont on se soit occupé, et qui est désigné par le n.° 1.

On écrit dans la première colonne du registre les sommets n.ºs 40, 41, 42 et 43 du grand polygone; dans la deuxième, la mesure des angles observés, et dans la troisième, la longueur des côtés. Nous supposons que l'angle observé du sommet n.° 40 sur le sommet n.° 41 est de 160°; que celui observé du sommet n.° 41 sur le sommet n.° 42 est de 200°; que celui observé du sommet 42 sur le sommet 43 est de 170°; nous supposons aussi que la longueur des lignes n.ºs 40 et 41, 41 et 42, 42 et 43, est de 100, 80 et 65 mètres.

On s'occupe ensuite du nivellement des lignes de profils. Celles du profil pris pour exemple ont déjà été nivelées. Les cotes de niveau de leurs sommets, qui ont été écrites dans le registre de nivellement du grand polygone, sont transcrites dans la quatrième colonne du registre du premier profil. Nous supposons que la cote du sommet n.° 40 est de $60^m,40$, celle du sommet n.° 41 de $73^m,30$, celle du sommet n.° 42 de $89^m,80$, et enfin celle du sommet n.° 43 de $101^m,50$.

La recherche des points équidistants à déterminer sur les lignes de profils s'exécute en prenant pour repère la cote des points sur lesquels s'appuient ces lignes. Quant aux points qui doivent être portés sur la ligne n.ºs 40 et 41, on prendra pour repère de nivellement la cote du sommet n.° 40, qui est de $60^m,40$.

Nous avons dit que les points de profils doivent être à une distance verticale en nombre rond de mètres du

plan général de comparaison. Le point n.° 40, qui a pour cote 60^{m},40, ne remplissant pas cette condition, ne peut par conséquent être pris pour un de ceux du profil. La cote de celui qu'il s'agit de déterminer doit être de 60 ou 61 mètres; ce point sera plus haut que le point n.° 40 de 0^{m},40, ou plus bas de 0^{m},60. Le point que nous avons à déterminer sur la ligne de profil est plus bas que le sommet n.° 40. Ce point se détermine par l'opération élémentaire du nivellement, en plaçant le niveau en station à une distance égale du point de repère et du point à déterminer, dont on juge à peu près la position. Le voyant est placé sur le point de repère; il est observé. La mire est amenée à la hauteur de la ligne horizontale du niveau; on ajoute à cette hauteur celle de 0^{m},60. On fixe la mire dans cette position au moyen de la vis de pression, et le voyant, tenu verticalement, est descendu le long de la pente jusqu'à ce que son point de mire soit dans l'horizontale du niveau; il marque alors par son pied un point qui est plus bas que le repère de 0^{m},60, et que l'on indique sur le terrain par un piquet. Sa cote est de 61^{m},00.

Prenant pour repère le point que l'on vient de déterminer, par l'opération élémentaire on en détermine un deuxième, qui devra être plus bas de 4 mètres que le précédent. Étant en station dans une position convenable, on observe le voyant placé sur le point de repère. On élève d'abord la mire à la hauteur de l'horizontale du niveau, puis on l'élève de 4 mètres au-dessus de cette hauteur; on la fixe ensuite au moyen de la vis de pression, et le voyant, tenu verticalement, est descendu

le long de la pente jusqu'à ce que son point de mire soit dans l'horizontale du niveau ; il marque alors par son pied un point qui est plus bas que le repère de 4 mètres, et que l'on désigne sur le terrain par un piquet. Sa cote est de 65^{m},00.

On répète la même opération pour déterminer successivement les points aux cotes de 69 et 73 mètres que peut contenir la première ligne de profil. Le dernier de ces points se trouve au-dessus du sommet n.° 41, qui a pour cote 73^{m},30, de la quantité de 0^{m},30 centimètres. On nivelle ces deux points, et l'on aura bien opéré pour la série de points que l'on vient de déterminer, si, par le résultat de ce dernier nivellement, on produit la cote du sommet n.° 41, qui est de 73^{m},30.

Quant à la recherche des points de profil sur les lignes n.ºs 41 et 42, 42 et 43, on opère comme sur la première. Pour déterminer le point à la cote de 77^{m},00, on prend pour repère le dernier de la première série, dont la cote est de 73^{m},00 ; on observe le voyant placé sur ce point, et l'on ajoute 4 mètres à la hauteur de la mire. On fait ensuite descendre le voyant le long de la pente, jusqu'à ce que son point de mire soit dans l'horizontale du niveau ; son pied marque alors sur le terrain un point qui est plus bas que le précédent de 4 mètres, et dont la cote est de 77^{m},00. Ce point, qui est indiqué par un piquet, est pris pour repère de nivellement du point dont la cote sera de 81^{m},00.

En opérant ainsi successivement, on détermine les points de la deuxième et de la troisième série. On vérifie ce nivellement sur le sommet n.° 42 et sur le point de

fermeture n.° 43, comme on a vérifié sur le sommet n.° 41 le nivellement de la première série.

Les points de profil étant déterminés sur le terrain, on mesure leurs distances respectives. Ces distances sont écrites dans la troisième colonne du registre, et les cotes de niveau dans la quatrième, sur la même ligne que les numéros de ces points, écrits dans la première colonne.

Pour la distance réduite à sa projection, du sommet n.° 40 au point de profil n.° 1, on aura, par exemple, $4^{m},60$; du point n.° 1 au n.° 2, $37^{m},00$; du n.° 2 au n.° 3, $30^{m},50$; du n.° 3 au n.° 4, $26^{m},10$, et du n.° 4 au sommet n.° 41, $1^{m},81$. On continue ainsi à enregistrer les distances mesurées entre les points de profil jusqu'à celui de fermeture B, et on aura les données nécessaires pour construire le premier profil sur la carte.

Les registres du deuxième et du troisième profil, et enfin de tous ceux que contient le grand polygone n.° 1, et qui se lèvent par les mêmes procédés, contiennent les mêmes données; ils ont pour titre leur numéro d'ordre, et la désignation des points du grand polygone ou des traverses auxquels ils se rattachent; de sorte que l'on trouve immédiatement, pour en faire la construction, la place qu'ils doivent occuper parmi les autres lignes du canevas.

DU LEVER ET DU NIVELLEMENT DES BASES DES ÉQUIDISTANTES HORIZONTALES.

Les bases des équidistantes horizontales joignent successivement les profils pris deux à deux, et ces lignes,

qui s'appuient sur une suite de points distants entre eux de 50 ou 60 mètres, ont la même cote; elles sont déterminées sur le terrain par l'opération élémentaire du nivellement, et relevées par la méthode du cheminement. Les lignes de bases qui divisent l'espace compris entre les profils ont pour objet de faciliter le nivellement et le lever des équidistantes horizontales.

La recherche des points de bases s'exécute par l'opération élémentaire du nivellement. Le niveau est mis en station en S (fig. 2). Le voyant est placé sur le point de repère, par exemple, celui désigné par le n.° 1. La mire est élevée à la hauteur de l'horizontale du niveau; elle est fixée dans cette position, et le voyant est porté vers le point n.° 1, qui est l'extrémité de la base. Le niveleur observe le voyant, qui d'abord peut être sur le terrain plus haut ou plus bas que le point cherché; il le fait monter et descendre le long de la pente jusqu'à ce que l'horizontale du niveau passe exactement par le point de mire; alors le pied du voyant marque sur le terrain le point cherché, qui est à la même cote que le repère pris sur le profil.

Pour que le point de station soit assez exactement à une égale distance du repère et du point à niveler, le porte-voyant mesure au pas la longueur convenue de la base; le niveleur mesure également au pas la moitié de cette distance, qui détermine la position centrale du point de station S, tandis que le porte-voyant, avec un peu d'habitude, place le voyant dans une position peu éloignée de celle à laquelle on arrive ensuite par le tâtonnement. Le point cherché étant trouvé, on le marque par un piquet.

Le point de base n.° 1 est le repère de nivellement pour la recherche du point n.° 2, qui fixe la longueur de la deuxième base, et on opère ainsi successivement pour déterminer les points n.os 3, 4, 5, etc., des troisième, quatrième et cinquième bases, jusqu'à celle qui s'appuie sur le point de même cote du deuxième profil. On aura bien opéré pour le nivellement de ces points, si le voyant étant placé sur le point de fermeture, l'horizontale du niveau passe exactement par la mire.

Les points de bases ainsi déterminés, et marqués sur le terrain par des piquets, sont levés avec la boussole comme ceux du grand polygone et de ses traverses, par la méthode du cheminement.

Etant placé, pour opérer, sur le point de profil n.° 1, on observe le sommet n.° 1 de la première ligne de base; du n.° 1, on observe en retour le repère n.° 1, et en avant le sommet n.° 2, extrémité de la deuxième base; du n.° 2, on observe en retour le n.° 1, et en avant le n.° 3, extrémité de la troisième base. On répète les mêmes opérations pour toutes les bases, jusqu'à la dernière de la série, qui s'appuie sur le point de même cote du second profil. On mesure ensuite ces bases, et les résultats de cette mesure, ainsi que ceux de la mesure des angles, sont écrits dans des registres mis à la suite de ceux des profils.

Les registres des bases (fig. 3) se composent comme ceux des profils. Leur titre général indique le grand polygone auquel les bases appartiennent, et le titre particulier les profils sur lesquels sont pris leurs points de départ et de fermeture. Ces points sont désignés par leurs cotes de niveau.

Les angles sont observés ; celui qui l'est du repère n.° 1 du premier profil, à la cote de 61^{m},00, sur le n.° 1, extrémité de la première base, est de 264°,30 ; du n.° 1 sur le n.° 2 de la deuxième base, de 270°,00 ; du n.° 2 au n.° 3, de 280°,00 ; du n.° 3 au n.° 4, de 260°,00 ; du n.° 4 au n.° 5, de 253°,00 ; du n.° 5 au n.° 6, de 263° ; du n.° 6 au n.° 7, de 282°,00 ; enfin, du n.° 7 au n.° 4 du deuxième profil, de 268°,00.

Les bases sont mesurées ; la longueur de la première du repère au n.° 1 est de 57^{m},00 ; la deuxième, du n.° 2 au n.° 3, de 57^{m},50 ; du n.° 3 au n.° 4, de 58^{m},00 ; du n.° 4 au n.° 5, de 57^{m},40 ; du n.° 5 au n.° 6, de 57^{m},30 ; du n.° 6 au n.° 7, de 57^{m},60 ; enfin, la distance du n.° 7 au point de fermeture sur le n.° 4 du deuxième profil est de 51^{m},10. Les numéros des sommets des bases et ceux des points de profils sont écrits dans la première colonne du registre ; la mesure des angles et la longueur des bases, dans la deuxième et la troisième, et la cote de niveau de ces bases dans la cinquième. Le registre contient alors les données nécessaires pour construire sur la carte les bases comprises entre les deux points de même cote du premier et du deuxième profil du canevas.

Le nivellement et le lever des bases qui s'appuient sur les autres points de profils s'exécutent par les mêmes procédés.

Pour le nivellement des bases inférieures, le point de repère est pris sur le deuxième profil ; il a le n.° 5 ; il est plus bas que le précédent de 4 mètres, et sa cote est par conséquent de 65^{m},00.

Le point de départ est pris sur le deuxième profil,

parce qu'il est tout près du niveleur, qui vient d'opérer sur les bases supérieures. Par la même raison, le point de repère sera pris sur le premier profil, pour le lever de la troisième série des bases, à la cote de 69^{m},00; sur le deuxième profil, pour la quatrième série, et ainsi alternativement jusqu'à la dernière série, qui est à la cote de 101^{m},00.

Prenant donc pour repère le n.° 5 du deuxième profil, à la cote de 65^{m},00, on nivelle le sommet n.° 1 de la première base. Ce sommet, pris pour repère, sert au nivellement du sommet n.° 2 de la deuxième base, et on opère ainsi jusqu'au point de fermeture de même cote, pris sur le premier profil. On observe ensuite les angles, on mesure la longueur des bases, et les résultats de ces opérations sont écrits, dans les colonnes du registre, à la suite de ceux de la première série, dont ils ne diffèrent que parce qu'on a opéré sur des points plus bas de 4 mètres que les premiers. Ces résultats seront encore les mêmes pour les séries de bases inférieures ou supérieures, quel que soit leur nombre entre deux ou plusieurs profils consécutifs.

Les résultats des opérations du lever de toutes les séries de bases peuvent être écrits dans le registre à la suite les uns des autres. Par exemple, la deuxième série se distingue de la première par son point de départ pris sur le deuxième profil, son point de fermeture pris sur le premier profil, et sa cote de niveau de 65^{m},00. La mesure des angles et des côtés s'enregistre, et on s'occupe du lever de la troisième série, qui s'enregistre comme les deux précédentes. Cette série se distingue par

sa cote de niveau de $69^m,00$; la quatrième par sa cote de $73^m,00$, la cinquième par sa cote de $77^m,00$, la sixième par sa cote de $81^m,00$, la septième par sa cote de $85^m,00$, la huitième par sa cote de $89^m,00$, la neuvième par sa cote de $93^m,00$, la dixième par sa cote de $97^m,00$, et enfin la onzième par sa cote de $101^m,00$. Le registre du lever des bases comprises entre le premier et le deuxième profil contient alors les données nécessaires pour construire ces bases sur le canevas de la carte, qui se trouvera ainsi subdivisé en des polygones beaucoup plus petits, lorsqu'on aura levé les bases des horizontales comprises entre les autres profils, comme on vient de lever celles qui s'appuient sur les deux premiers profils.

On conçoit maintenant que si l'on a pu relever et projeter sur la carte les onze séries de bases qui s'appuient sur les points des deux premiers profils, on pourra, en répétant les mêmes opérations du nivellement et du lever, relever les bases dont les séries s'appuieront, par leurs points de départ et de fermeture, au deuxième et au troisième profil, puis les bases qui se rapportent au troisième et au quatrième profil, et enfin à tous ceux que comprend le grand polygone. Par cet ordre établi dans la suite des opérations du lever et du nivellement des bases des équidistantes horizontales et dans leur enregistrement, on n'a à craindre aucune cause d'erreur ni de confusion pour l'exécution des opérations et pour leurs résultats. Les procédés d'exécution se réduisent, comme nous venons de le voir, à la répétition des mêmes opérations, dont la marche, pour

toutes les parties du canevas, est continue, et consiste à conclure du grand au petit. Ainsi que nous l'avons déjà expliqué, le terrain est d'abord divisé en de grands polygones qui se groupent entre eux, et en nombre suffisant pour en embrasser toute l'étendue. Chacun de ces polygones est ensuite divisé par de grandes traverses, puis par de plus petites, jusqu'à celles dont se composent les polygones qui circonscrivent les moindres masses de détails. Ces traverses se complètent par celles que forment les lignes des profils et les bases des horizontales, auxquelles on rapporte le lever de ces dernières, comme on a rapporté aux autres lignes du canevas les détails qui se décrivent par les lignes de projection de leurs contours et de leurs arêtes.

Maintenant, si l'on suppose quelques erreurs dans le lever du premier polygone, ceux qui devront se rattacher à celui-ci, et qui se groupent entre eux pour embrasser toute l'étendue du terrain, ne pourront être relevés sans être affectés des mêmes erreurs. Ce lever sera donc impossible, ainsi que celui des traverses qui composent les petits polygones, tant que les erreurs existeront pour le premier grand polygone. Cette manière de coordonner la suite des opérations exige donc, pour être praticable, que l'on ne passe jamais d'une partie de ces levers à la suivante, sans avoir obtenu pour la première, dans les résultats du lever et du nivellement, une exactitude suffisante. Cette exactitude se vérifie, pour le lever des grands polygones, sur les points du canevas trigonométrique auxquels ils doivent se rattacher, et par leurs fermetures sur eux-mêmes.

L'exactitude du lever des grandes traverses se vérifie par leurs fermetures sur les sommets des grands polygones, et celle du lever des traverses successivement plus petites jusqu'à celles des profils et des bases des horizontales, sur les sommets du grand polygone, et sur ceux des traverses déjà levées auxquelles s'appuient les plus petites traverses. Le canevas est alors achevé avec une exactitude relative qui ne laisse plus rien à désirer, et le lever-nivelé de tous les genres de détails étant ainsi divisé et rapporté à chacune des lignes du canevas prise en particulier, rend celui des horizontales aussi facile que celui des détails, qui se décrivent par les lignes de projection de leurs contours et de leurs arêtes.

DU LEVER ET DU NIVELLEMENT DES SECTIONS HORIZONTALES.

Le lever et le nivellement des accidents et des formes ondulées du terrain dont on ne connait pas les génératrices, ont été jusqu'à présent considérés, sinon comme impossibles, mais d'une telle difficulté, qu'on ne les a jugés applicables que pour des levers de peu d'étendue.

Nous allons essayer de faire comprendre que le lever et le nivellement des sections horizontales, qui complètent la description du terrain, s'exécutent par des procédés aussi simples, avec la même exactitude et la même facilité que ceux des détails, qui se décrivent sur le même canevas par les lignes de projection de leurs contours et de leurs arêtes.

Dans le quatrième cahier de nos Essais, nous avons

fait connaître la nature, l'objet et la marche à suivre pour le lever des horizontales, et il ne nous reste plus à expliquer que les procédés techniques d'exécution que l'on emploie pour ce genre de lever.

Le lever des horizontales qui a pour objet de décrire les terrains accidentés, découverts et d'une grande étendue, s'exécute en opérant successivement sur chacune des bases, dont les sommets et leurs cotes sont pris pour repères du nivellement et du lever des horizontales. Le nivellement se fait par la méthode du rayonnement, et le lever par celle des intersections, ou bien ces horizontales sont nivelées et levées simultanément avec la boussole nivélante.

Quant aux terrains couverts de bois, de vignes, ou fortement accidentés, et coupés par des roches et des ravins qui ne permettent pas d'opérer par le cheminement d'une manière continue, comme sur les terrains découverts, le lever et le nivellement des horizontales se repèrent sur les sommets des lignes du canevas et les cotes de ces sommets, que l'on trouve écrites sur tous les points des mêmes sommets. C'est d'après ces points qu'on détermine immédiatement les points des horizontales, ou d'après des points de profils pris sur les chemins, ou sur des lignes complémentaires à celles du canevas.

LEVER DES HORIZONTALES SUR UN TERRAIN DÉCOUVERT, RAPPORTÉ AUX LIGNES DE BASES DU CANEVAS.

Qu'il s'agisse, par exemple, de déterminer sur le terrain les points des équidistantes horizontales com-

prises entre les deux bases qui s'appuient sur le premier profil du grand polygone n.° 1, sur les points aux cotes de niveau 61^m,00 et 65^m,00, et sur les points n.ºs 1 et 7 (fig. 2), et les points *a* et *b* (fig. 4).

Pour opérer, le niveau est placé en S (fig. 4), à une égale distance des extrémités des bases n.° 1, *a*, et n.° 2, *b*, mais assez rapproché de la base n.° 1, *a*, pour que l'horizontale du niveau passe à quelques décimètres au-dessus des points qui marquent les extrémités de cette base. Le voyant est placé sur le point de profil n.° 1. Sa mire est élevée à la hauteur de l'horizontale du niveau; elle est fixée au moyen de la vis de pression. On suppose que les points d'horizontales qu'il s'agit de déterminer doivent être entre eux à la distance de 10 mètres ou à peu près. L'aide, chargé du voyant, le porte et le place à cette distance qu'il mesure au pas; le niveleur l'observe, le fait monter ou descendre le long de la pente jusqu'à ce que sa mire soit dans l'horizontale du niveau; alors le pied du voyant est sur un point n.° 1 qui est à la même cote que le point de repère, à une distance à peu près de 10 mètres de ce dernier. Ce point est le premier de l'horizontale; on le marque sur le terrain par un piquet. Le voyant est ensuite porté en avant à une distance de 10 mètres, et en répétant la même opération, on détermine le point n.° 2, et successivement les points n.ºs 3, 4, 5 et 6, pris en *a* à l'extrémité de la base, qui est la fermeture des points d'horizontales à la cote de 61^m,00 que l'on a pu rapporter à cette base.

Les points de l'horizontale inférieure, à la cote de

niveau de 62^m,00, se déterminent en élevant le point de mire d'une quantité égale à l'équidistance des horizontales, et que nous supposons être d'un mètre. D'après cette donnée, le point de mire est élevé d'un mètre au-dessus de sa position actuelle. La mire est fixée au moyen de la vis de pression. Le voyant étant tenu horizontalement, est descendu le long de la pente, dans la direction du point *b*, jusqu'à ce que le point de mire se trouve à la hauteur de l'horizontale du niveau; alors le pied du voyant est sur un point du terrain n.° 7 qui est à la cote de 62^m,00; il est par conséquent à un mètre au-dessous du point n.° 6. Le voyant est ensuite porté à gauche à la distance de 10 mètres; sa mire est amenée à la hauteur de l'horizontale du niveau, et le pied du voyant marque sur le terrain un point n.° 8 qui est à la même cote que le point n.° 7. On répète cette opération pour déterminer les points n.os 9, 10, 11 et 12 de l'horizontale, jusqu'au n.° 13, qui est le point de fermeture pris sur le premier profil.

Les points de la troisième horizontale, à la cote de 63^m,00, se déterminent en élevant la mire à un mètre au-dessus de sa position actuelle. Le voyant, qui est sur le point n.° 13, est descendu le long de la ligne du profil jusqu'à ce que sa mire soit à la hauteur de l'horizontale du niveau, et le pied du voyant est sur le point n.° 14, qui est à la cote de 63^m,00. De ce point le voyant est porté à droite, pour déterminer successivement les points n.os 15, 16, 17, 18, 19, et jusqu'au point n.° 20, le dernier de l'horizontale, qui a été pris dans la direction des points n.os 6 et 7.

Le voyant étant sur le point n.° 20, on élève sa mire d'un mètre au-dessus de sa position actuelle, puis on fait descendre le voyant le long de la pente, suivant la direction de *b*, jusqu'à ce que son point de mire soit à la hauteur de l'horizontale du niveau; son pied marque alors un point n.° 21 qui est à la cote de 64^{m},00. Le voyant est ensuite porté à gauche, et successivement de 10 en 10 mètres, pour déterminer les points n.ºs 22, 23, 24, 25, 26, et jusqu'au n.° 27 pris sur la ligne du premier profil.

Le voyant étant sur le point n.° 27, sa mire est élevée d'un mètre au-dessus de sa position actuelle; il est descendu le long de la ligne du profil jusqu'au point n.° 28, qui est le n.° 2 de la base inférieure, et si l'on a bien opéré pour déterminer les points de profils aux cotes de 62, 63 et 64 mètres, la mire du voyant, porté sur le point n.° 28, sera exactement à la hauteur de l'horizontale du niveau. En portant successivement le voyant à droite, de 10 en 10 mètres, on détermine les points n.ºs 29, 30, 31, 32, 33, et on vient se fermer sur le point n.° 34, qui est à l'extrémité *b* de la base inférieure. On a ainsi déterminé et piqueté sur le terrain les points des cinq horizontales qui ont pu être rapportées aux deux bases n.° 1, *a*, et n.° 2, *b*.

Le lever des points des horizontales qui ont été rapportées aux deux bases prises pour exemple s'exécute par la méthode des intersections. Pour cette opération, la boussole est mise en station sur les extrémités des bases, par exemple, sur les extrémités S' et S'' de la base inférieure n.° 2, *b*. De la station S' on observe un jalon placé successivement sur les points des horizon-

tales, en suivant l'ordre des numéros que l'on a écrits dans la première colonne du registre. La boussole est ensuite mise en station en S'', d'où l'on observe, en suivant la même marche, le jalon placé successivement sur les points déjà observés.

On remarque que les rayons d'observation de la station S'' ne coupent ceux observés de la station S', avec des angles convenables, que pour les trois premières horizontales, et pour la quatrième, seulement le point n.° 26; que les autres points de cette horizontale et tous ceux de la cinquième doivent être observés d'une autre station : on peut prendre celle qui est en S, et dont on a déterminé les points du terrain par le nivellement, ou S''' sur le milieu de la base supérieure, ou le point n.° 1 du premier profil, selon que ces stations paraîtront plus convenables; et au moyen des angles observés des stations S', S'' et S, ou S''', ou n.° 1, qui sont écrits dans le registre, on pourra construire les points sur la carte.

Les piquets ou les fiches qui marquent sur le terrain les points nivelés et relevés sont enlevés, à l'exception de ceux du profil *a b*, que l'on a pris pour repères du nivellement des points qui se rapportent aux bases suivantes, n.os 1 et 2, et n.os 7 et 6 (fig. 2), sur lesquelles on opère comme sur les deux premières, pour déterminer les points des cinq horizontales qui se rapportent à ces lignes et forment le profil n.os 2 et 6, lequel sert de repère pour le nivellement des points des cinq courbes qui se rapportent aux deux bases n.os 2 et 3, et n.os 6 et 5. En opérant ainsi et successivement sur toutes les

bases, jusqu'à celles qui s'appuient sur le deuxième profil, on aura levé les horizontales qui ont pu être rapportées à la première zone du terrain, formée par les deux séries de bases aux cotes de 61^m,00 et 65^m,00, entre le premier et le deuxième profil.

Maintenant, si l'on opère par les mêmes procédés sur les séries des bases aux cotes de 65^m,00 et 69^m,00, 69^m,00 et 73^m,00, 73^m,00 et 77^m,00, et successivement jusqu'aux séries de bases aux cotes de 97^m,00 et 101^m,00, on aura levé les horizontales équidistantes qui décrivent le terrain compris entre le premier et le deuxième profil AB et CD du grand polygone. En continuant à opérer de même, on pourra niveler et lever les horizontales équidistantes qui décriront le terrain compris entre les deuxième et troisième, troisième et quatrième profils situés sur les côtés du grand polygone n.os 18, 19, 20, 21 et 22, et enfin entre tous les profils qu'il a été nécessaire d'établir pour compléter la description du terrain que circonscrit le grand polygone, tels que les profils n.os 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12 et 13.

Si, par cette suite d'opérations élémentaires, en concluant progressivement du grand au petit, on est parvenu à décrire complètement, par les horizontales équidistantes, la surface arrondie du terrain découvert que circonscrit le premier grand polygone du canevas, on pourra, en suivant la même marche, décrire le terrain que circonscrivent les deuxième, troisième, quatrième polygones, et enfin le réseau de polygones qui embrasse un terrain d'une étendue quelconque, et sans que l'on ait plus de peine à opérer sur les uns que sur les autres.

La pratique qu'il s'agit d'acquérir pour exécuter ce travail est donc tout entière dans celle des opérations élémentaires du lever et du nivellement, répétées sans variation sur chacune des petites parties du terrain, qui se trouve tellement réduit par les lignes de bases, que lorsqu'on a acquis cette pratique, il ne doit plus rester aucun doute sur l'exactitude des résultats du lever des horizontales par la méthode que nous venons d'expliquer.

Cette méthode du lever des points rapprochés des horizontales n'est pas aussi satisfaisante sous le rapport de la prompte exécution; elle est encore trop pénible et trop lente dans ses applications aux levers-nivelés d'ensemble, tels que ceux que nous avons été chargé d'exécuter dans les Apennins, les Alpes, et en France. Afin de satisfaire aux services pour lesquels on exécute de semblables travaux, nous avons dû, par de nombreuses modifications apportées aux instruments et aux procédés d'exécution, chercher à rendre ce genre de lever plus facile et plus prompt, et nous sommes enfin parvenu à remplir ces conditions avec la boussole nivelante, au moyen de laquelle on exécute maintenant simultanément le lever et le nivellement des horizontales, ce qui se fait avec plus de facilité et de promptitude que par la première méthode, et de manière à ne plus rien laisser à désirer sur la bonne et prompte exécution de cette partie importante et trop peu connue de l'art de décrire le terrain.

DE LA BOUSSOLE NIVELANTE.

La boussole nivelante (fig. 5) se compose d'une boussole ordinaire *ab*, d'un niveau à bulle d'air *c*, et d'une lunette *d* dont le corps est en bois, et qui est celle du niveau et de la boussole. La lunette est fixée par son centre sur une règle qui porte à ses deux extrémités *e*, *e'*, deux arcs de cercle divisés en 40 ou 50 degrés. La boussole est placée sur un genou à deux mouvements verticaux perpendiculaires, et qui est mu par les vis boutantes *f* et *f'*. Ce genou est le même que celui qui a été adapté au niveau à bulle d'air de Chezi (p. 164). L'instrument est tenu sur le terrain à une hauteur convenable au moyen d'un trépied *g*.

Cette boussole, qui semble ne plus rien laisser à désirer, tant par son exactitude que par la facilité avec laquelle elle permet d'opérer, a été amenée à ce degré de perfection après les nombreuses modifications que nous lui avons fait subir, ainsi que l'habile mécanicien de l'école d'application de l'artillerie et du génie de Metz. C'est la dernière boussole que nous avons adoptée pour le nivellement et le lever des horizontales ; elle est surtout remarquable par la grande simplicité de sa construction, et par une solidité qui ne laisse à craindre que très-peu de causes de détérioration, soit par la chute de l'instrument ou par tout autre accident.

Le niveau à bulle d'air *c* est fixé sur la boîte de la boussole, comme pour le niveau de Chezi ; on le rend parallèle à la surface de cette boîte en abaissant ou éle-

vant une de ses extrémités. La bulle est amenée au milieu de son tube au moyen du genou et des vis *f* et *f'*. Alors le plan du niveau est horizontal, la tige *h* du genou verticale, et par le mouvement de rotation imprimé à la boussole sur cette tige, la bulle du niveau ne quitte plus sa position centrale. Les zéros des divisions de *c* et de *c'* sont dans une ligne parallèle à l'horizontale du niveau. L'axe optique de la lunette étant exactement parallèle à cette ligne, il est horizontal, et on peut opérer avec l'instrument, pour le nivellement rayonnant, sans que l'on ait à craindre qu'il perde son horizontalité; ce qui est dû à la solidité du genou, et contribue beaucoup à la facilité et à la célérité des observations. On conçoit que si, pour toutes les observations du rayonnement, on devait ramener la bulle au centre de son tube, comme cela avait lieu avant que l'on eût imaginé le nouveau genou, il devait y avoir beaucoup de temps perdu par la recherche des points d'horizontales.

La lunette de l'instrument pour le nivellement étant aussi celle de la boussole, le point observé pour le nivellement est aussi celui qu'il s'agit d'observer pour en faire le lever; les deux observations sont donc simultanées, ce qui réduit de moitié le temps que l'on emploierait pour les exécuter séparément.

Ainsi, par exemple, étant sur un point de profil A (fig. 6), sur lequel s'appuie la base AB, on pourra, à cause de la hauteur de l'instrument, niveler un point *a* qui sera plus élevé que celui-ci d'un mètre. Nous supposons ce point connu de position, et marqué sur le terrain par un piquet; sa cote est de 60^{m},00. La bous-

sole est mise en station sur A, et le voyant sur *b*; celui-ci est observé, et sa mire élevée à la hauteur de l'horizontale du niveau; elle est fixée à cette hauteur au moyen de la vis de pression. L'aiguille de la boussole marque sur le limbe l'angle observé de A sur *a*, et on l'écrit dans le registre. Le voyant est ensuite porté en avant par l'aide à une distance convenue, que nous supposons de 10 mètres. Il mesure cette distance au pas, s'arrête et fait face au niveleur; il place alors la mire dans une position verticale sur le point dont il vient de mesurer la distance au point de repère *a*. Le niveleur, après avoir observé le voyant, le fait monter ou descendre le long de la pente jusqu'à ce que son point de mire soit à la hauteur de l'horizontale du niveau; alors le pied du voyant marque sur le terrain un point n.° 1 qui est à la même cote que le repère *a*; l'aide le marque par une fiche. Deux autres aides qui suivent mesurent avec la chaîne la distance du repère *a* au point n.° 1 de l'horizontale. L'aiguille de la boussole marque sur le limbe l'angle observé de A sur le n.° 1. On enregistre alors la mesure de la distance et de l'angle, et on a les données nécessaires pour construire le point n.° 1 sur la carte. Cette construction s'exécute par celle de l'angle observé de A sur le n.° 1. Le point n.° 1 se construit sur le côté de cet angle par l'intersection de cette ligne avec celle que détermine la distance mesurée de *a* au n.° 1, prise sur l'échelle avec le compas, en prenant pour centre le point *a*, et en décrivant un arc de cercle qui coupe A n.° 1 en un point qui est la projection sur la carte du premier point de l'horizontale après celui du

profil. Les autres points n.os 1, 2, 3, 4, 5 et 6 de la même horizontale se nivellent, se relèvent, s'enregistrent et se construisent sur la carte en répétant les mêmes opérations que pour relever le premier point n.° 1; le point n.° 6 est pris dans l'alignement des extrémités B et D des bases. Par exemple, pour relever ces points, l'aide marchant en avant du point n.° 1, mesure au pas une distance de 10 mètres; il s'arrête à cette distance et place le voyant sur le terrain. Celui-ci étant observé, sa mire est amenée à la hauteur de l'horizontale du niveau. Le point n.° 2, déterminé par le pied du voyant, est marqué avec une fiche. Les chaîneurs mesurent la distance du point n.° 1 au n.° 2 et enlèvent la fiche du n.° 1. Le niveleur ayant enregistré cette mesure, ainsi que celle de l'angle observé de A sur le n.° 2, peut alors construire ce point sur la carte. L'aide marche ensuite en avant du point n.° 2, et successivement du n.° 2 au n.° 3, du n.° 3 au n.° 4, du n.° 4 au n.° 5, et enfin du n.° 5 au n.° 6, dernier point de la partie de l'horizontale qui se rapporte à la base AB.

Pour le lever des points de la deuxième horizontale, la mire est élevée d'un mètre au-dessus de sa position actuelle. Le voyant étant placé sur l'extrémité B de la base, déjà nivelée, la mire doit par conséquent être exactement à la hauteur de l'horizontale du niveau. Du point B ou n.° 7, l'aide se porte en avant du côté du niveleur, à la distance de 10 mètres de B; il s'arrête, et place le voyant sur le point qu'il vient de déterminer à cette distance. Le voyant ayant été observé, sa mire est amenée dans l'horizontale du niveau, et l'on mesure

la distance de B au n.° 8. Cette mesure et celle de l'angle observé de A sur le n.° 8 sont écrites dans le registre, et avec ces données on peut construire le point n.° 8 sur la carte. On répète les mêmes opérations sur les points n.os 9, 10, 11, 12 et 13 ou A, que l'on peut également construire sur la carte d'après les résultats de ces opérations.

Le lever de la troisième horizontale s'exécute en élevant la mire d'un mètre au-dessus de sa position actuelle. Le voyant est descendu le long de la ligne de profil jusqu'à ce que son point de mire soit à la hauteur de l'horizontale du niveau ; alors son pied marque sur cette ligne de profil un point n.° 14 qui est à la cote de 62m,00. On mesure la distance du point de base A au point n.° 14. Le voyant est ensuite porté en avant jusqu'au point n.° 15, et sa distance au point de profil n.° 14 est mesurée. Ce point et l'angle sont observés, la mesure des distances est écrite dans le registre, et le point n.° 15 peut alors être construit sur la carte.

L'aide part de ce point pour déterminer successivement ceux de la même horizontale, n.os 16, 17, 18, 19 et 20 ; il prend ce dernier dans la direction de BD. Arrivé sur ce point, il élève la mire d'un mètre au-dessus de sa position actuelle ; il descend ensuite le voyant dans la direction de BD, jusqu'à ce que sa mire soit à la hauteur de la ligne du niveau. Le voyant marque un point n.° 21 qui est à la cote de 63m,00. On mesure la distance du n.° 20 au n.° 21, on enregistre cette mesure, et avec ces données on peut construire le point sur la carte.

L'aide se porte ensuite en avant du côté du niveleur, pour fixer la position des points n.os 22, 23, 24, 25 et 26, jusqu'au point n.° 27 du profil. Les distances mesurées entre les points et les angles observés sont écrites dans le registre, et ces données permettent de construire les points sur la carte. Etant arrivé sur le point de profil n.° 27, l'aide élève la mire d'un mètre au-dessus de sa position actuelle. Il descend le voyant le long de la ligne de profil jusqu'à ce que son point de mire soit à la hauteur de l'horizontale du niveau; le pied du voyant détermine alors un point n.° 28 qui est à la cote de 64m,00.

De ce point, l'aide marche en avant pour déterminer successivement les points n.os 29, 30, 31, 32, 33 et 34; ce dernier est pris dans la direction de BD. Etant sur le point n.° 34, il élève la mire à la hauteur d'un mètre au-dessus de sa position actuelle, et porte ensuite le voyant sur le point D ou n.° 35, qui est une des extrémités de la base inférieure. Etant placé sur ce point, si l'on a bien opéré jusque-là, la mire se trouvera être exactement à la hauteur de l'horizontale du niveau.

L'aide partira de ce point et marchera en avant du côté du niveleur, pour déterminer successivement les points n.os 36, 37, 38, 39 et 40, jusqu'au point de base C ou n.° 41. Les résultats des opérations du lever et du nivellement sont enregistrés, et d'après ces données, on pourra construire les points de cette horizontale, qui est la dernière de celles que l'on a pu rapporter aux bases AB et CD.

Pour continuer à opérer sur la même zone du terrain (fig. 7) et sur les bases BE et DF, EG et FH, etc.,

les profils BD, EF, GH, etc., sont pris successivement pour repère du nivellement et du lever des horizontales qui se rapportent à la suite des bases qui composent cette zone, depuis le premier profil jusqu'au deuxième. En répétant les mêmes opérations sur toutes les bases qui composent les zones inférieures (fig. 2), on aura décrit par des équidistantes horizontales le terrain limité par les deux profils AB et CD, et on pourra de même décrire le terrain limité par tous les autres profils du canevas.

Afin de diminuer le nombre des stations du nivellement et du lever des horizontales avec la boussole nivelante sur les terrains découverts, on peut, après avoir exécuté le lever des horizontales qui se rapportent aux bases AB et CD (fig. 7), se mettre en station à l'extrémité E de la base BE, et faire de cette station le nivellement et le lever des horizontales qui se rapportent, à gauche, aux deux bases EB et FD, et à droite, aux deux bases EG et FH. En opérant ainsi successivement sur I et L, on fera, de la station I, le nivellement et le lever des horizontales qui se rapportent à IG et IK, et à leurs inférieures; puis, de la station L, le nivellement et le lever des horizontales qui se rapportent à LK et LM, et à leurs inférieures. Cette manière d'opérer est plus prompte et aussi facile que la première méthode.

La mesure des distances entre les points des horizontales, qui s'exécute par deux aides chaîneurs pendant que le premier aide porte-voyant détermine ces points sur le terrain, n'apporte aucun retard dans la

suite des opérations, et cette manière d'opérer est invariable, à moins que l'on ne puisse disposer que d'un seul aide pour cette opération. Dans ce cas, on a imaginé de fixer un des bouts de la chaîne de 10 mètres au pied du voyant, et de faire tenir l'autre bout sur le point de repère par un autre aide. De cette manière, les points des horizontales sont entre eux à des distances égales, et leur construction sur la carte est plus prompte, parce qu'il suffit de prendre sur l'échelle une seule distance pour construire ces points. Mais l'opération du nivellement exige plus de temps quand le voyant porte la chaîne, que lorsqu'il est libre, et que le chaînage se fait par deux aides.

Il n'est pas toujours possible de tenir les points à une distance égale, parce qu'il peut se trouver, sur la surface à niveler, des inégalités accidentelles (fig. 8) qui ne sont pas à considérer, et sur lesquelles on ne peut pas déterminer un des points de la surface à niveler. Dans ce cas, on cherche ce point sur la vraie surface, soit en deçà de l'accident, en *b*, ou au-delà, en *c*. Ce point trouvé, on mesure sa distance au point de repère *a*, qui est plus ou moins étendue que celle de 10 mètres. Cette distance est écrite comme les autres dans le registre.

Dans notre quatrième cahier, nous traitons de l'application des opérations élémentaires du nivellement et du lever des horizontales pour décrire les terrains fortement accidentés, coupés par des roches, ou couverts de vignes ou de bois; terrains qu'on ne peut décrire par les opérations continues, qui s'exécutent sur les

bases, comme pour les terrains découverts. Nous sommes donc en état d'exécuter, après en avoir acquis la pratique, tous les genres de topographie. Nous avons vu enfin, par les six cahiers de nos Essais, ce que peut enseigner un professeur sur les éléments de la pratique des levers et du nivellement topographiques, pour rendre, dans le moins de temps possible, ses élèves capables d'en étudier seuls les applications aux différents services, avec toute l'exactitude et la promptitude que l'on pourra exiger d'eux.

DES EXERCICES PRATIQUES POUR LE NIVELLEMENT DU CANEVAS ET DES DÉTAILS DU TERRAIN.

DES ÉLÉMENTS DE LA PRATIQUE DU NIVELLEMENT.

Les éléments de la pratique du nivellement et de ses applications, qu'il s'agit d'étudier par des exercices sur le terrain, consistent dans la connaissance des différentes méthodes que l'expérience a fait adopter pour ce genre d'opération, ainsi que dans celle du mécanisme et de l'usage des instruments, ce qui conduit à l'art d'opérer avec exactitude, et donne les moyens d'exécution de tous les genres de nivellements topographiques.

Les exercices à faire sur le terrain pour enseigner le plus promptement possible les éléments de la pratique du nivellement; que le professeur peut diriger sans trop de fatigue et avec succès pour un assez grand nombre d'élèves, ont lieu, comme les exercices sur les

éléments de la pratique des opérations du lever, sur un terrain de peu d'étendue.

Nous avons vu que les premiers éléments du nivellement consistent dans la recherche de la différence de hauteur entre deux points donnés, et qu'en répétant la même opération, on peut déterminer la différence de hauteur pour un nombre quelconque de points du terrain qu'on aura à niveler. Nous avons vu aussi que cette opération élémentaire, suivant l'objet que l'on se propose et la nature du terrain à niveler, s'applique par les méthodes du nivellement simple, du nivellement composé, du nivellement rayonnant, et du nivellement à voyant renversé; et qu'enfin, les premiers éléments du nivellement et les méthodes de ses applications dont on aura acquis la pratique, donneront une connaissance complète des moyens d'exécution de tous les genres de nivellement, en même temps que celle du mécanisme et de l'usage des instruments de différente construction que des circonstances particulières mettront dans le cas d'employer.

Nous avons vu que le canevas polygonal se nivelle par la méthode du cheminement, que ce nivellement est simple ou composé, que celui des détails du terrain et des équidistantes horizontales s'exécute par la méthode du rayonnement, et qu'enfin la méthode du voyant renversé s'applique lorsque les points à niveler ne peuvent l'être par le nivellement composé.

La pratique du nivellement topographique, ainsi réduite à ses éléments, peut donc, comme la pratique des levers, être enseignée, pour le canevas polygonal,

sur un polygone peu étendu et d'un petit nombre de côtés, et pour les détails, par des points qui simuleront, sur le même terrain, ceux de ces détails, et que l'on aura marqués, si le terrain sur lequel on devra opérer est horizontal, par des piquets de différente hauteur, dont la tête est supposée être à la surface du terrain à niveler.

L'enseignement des éléments de la pratique du nivellement des terrains accidentés et à grande pente se fait sur un terrain en pente régulière et de peu d'étendue, parce qu'il suffit, pour comprendre ces éléments, d'apprendre à déterminer sur le terrain des points qui soient entre eux à des hauteurs données, et d'autres à la même cote. Comme ces points se déterminent tous par la répétition des mêmes opérations élémentaires, les exercices sur la pratique de ces opérations peuvent avoir lieu, pour un petit nombre de ces points, sur une ligne donnée de 50 ou 60 mètres, prise suivant la pente du terrain. Il suffira de déterminer quatre ou cinq de ces points, pour être ensuite en état de déterminer ceux de tous les profils d'un canevas.

La recherche de la différence de hauteur entre les extrémités de la même ligne de profil, que l'on ne peut déterminer immédiatement par le nivellement simple, se fait par une suite d'opérations de même nature sur des points intermédiaires pris dans les positions les plus convenables pour arriver plus promptement à connaître la différence de hauteur cherchée. Les exercices sur l'opération élémentaire appliquée à un petit nombre de points intermédiaires suffisent pour

faire connaître le nivellement composé, et pour rendre capable d'exécuter celui d'un canevas d'une étendue quelconque, et quelle que soit la nature du terrain qu'il a pour objet de décrire.

On aura à déterminer des points de même cote pour les bases des horizontales et pour le tracé de ces dernières lignes; ces points se déterminent sur le terrain par la répétition des mêmes opérations élémentaires. Pour comprendre ces opérations et pour en acquérir la pratique, il suffit de s'exercer sur un petit nombre de ces points. S'il s'agit, par exemple (pl. XII, fig. 1), de joindre par des bases deux points de même cote pris sur deux profils AB et CD, que l'on suppose distants entre eux de 100 mètres, cette distance sera divisée en cinq parties ou cinq bases, dont on recherchera successivement les sommets par l'opération élémentaire du nivellement. Cet exercice suffira pour faire comprendre l'opération élémentaire et la pratique du nivellement des bases qui doivent servir au lever des horizontales d'un terrain limité par tous les profils d'un canevas.

Les bases que l'on a déterminées sur le terrain pour s'exercer à la pratique de ce genre de nivellement, seront trop courtes pour servir au nivellement des horizontales, et trop rapprochées par leur équidistance pour que l'on puisse s'exercer à niveler un assez grand nombre de ces lignes. Ce nouvel exercice a lieu sur le même terrain. Les lignes de profil AB et CD (fig. 2) sont divisées par des points dont l'équidistance est d'un mètre ou de 5 décimètres, selon la nature de la pente, ou d'une équidistance plus rapprochée, pour que leur

somme ne dépasse pas 50 ou 60 mètres. Ces points seront, par exemple, aux cotes de 40^m,00, 41^m,00, 42^m,00, 43^m,00 et 44^m,00, ou de 40^m,50, 41^m,00, 41^m,50 et 42^m,00. Sur deux points de même cote de ces profils, on fait ensuite la recherche des points de deux suites de bases, l'une à la cote de 40^m,00 et l'autre à celle de 44^m,00, et dont la longueur pourra être de 50 mètres. On s'exercera au nivellement et au lever des horizontales qui pourront être rapportées à ces bases, et cet exercice suffira pour faire comprendre la méthode du nivellement rayonnant appliqué à ces lignes pour décrire les surfaces ondulées et accidentées des terrains de tous genres.

EXERCICES PRÉPARATOIRES SUR L'USAGE DES INSTRUMENTS DONT ON SE SERT POUR LE NIVELLEMENT TOPOGRAPHIQUE.

Nous supposons que le professeur possède les instruments que l'on emploie actuellement pour les opérations du nivellement topographique, et ceux dont l'usage n'est pas encore admis dans la pratique, tels que le niveau à réflexion, etc.; nous supposons aussi qu'il possède en outre les modèles des anciens niveaux dont on ne se sert plus, tels que ceux de Picard, de Huyghens, etc. Il explique le mécanisme et l'usage de ces instruments, depuis le plus élémentaire et successivement jusqu'à ceux que l'usage a fait adopter à l'exclusion des autres. Il fait ensuite exécuter les opérations élémentaires du nivellement avec ces instruments, en faisant observer attentivement à ses élèves ce que chacun en particulier

présente de remarquable dans son mécanisme et son exactitude, et il examine avec eux les avantages et les inconvénients qui peuvent résulter de leur emploi, ainsi que les motifs qui ont pu faire abandonner les uns et préférer les autres, et jusqu'à ceux que l'expérience a fait adopter comme étant les plus parfaits. Cette instruction a eu pour but de donner aux élèves une connaissance exacte de ce qui a été fait pour perfectionner ces instruments, et des différents résultats obtenus, afin de les mettre en état plus tard de faire des recherches pour découvrir de nouveaux perfectionnements, sans s'exposer, par l'ignorance des faits, à perdre leur temps à renouveler des essais déjà tentés depuis long-temps sans succès, ou afin de profiter de quelques-uns de ces essais pour faire de nouvelles études qui pourront les conduire à des découvertes que l'on n'a pas encore prévues. La nécessité de ces connaissances ayant été signalée par le professeur de manière à être comprise par les élèves, il les aura ainsi disposés à les étudier.

Cette instruction préparatoire étant donnée, le professeur s'occupe des exercices du nivellement pour la première partie, qui a rapport au nivellement du canevas. Ces exercices ont lieu sur un petit polygone, en opérant d'abord avec le niveau de maçon placé sur un quadruple mètre, ainsi que nous l'expliquons page 177, ensuite avec le niveau d'eau, et enfin avec le niveau à bulle d'air de Chezi. On exerce trois élèves sur chaque polygone, et comme le professeur peut diriger ces exercices pour quatre polygones, il pourra

en conséquence instruire douze élèves réunis sur un même terrain, qu'il parcourra sans trop se fatiguer.

EXERCICES SUR LES ÉLÉMENTS DE LA PRATIQUE DU NIVELLEMENT AVEC LE NIVEAU DE MAÇON.

Deux élèves s'occupent des opérations du nivellement avec le niveau de maçon; le troisième les aide en dirigeant les opérations, et il en note les résultats. Le nivellement terminé, il se fait remplacer par un des deux autres élèves, pour s'occuper des opérations du nivellement qu'il recommence. Ce nouveau nivellement étant achevé et ses résultats notés, le dernier élève prend à son tour la direction des opérations pour entreprendre un autre nivellement. Ce nivellement étant exécuté, et ses résultats notés, chaque élève conclut de ces notes la différence de hauteur entre les sommets du polygone. Ces différences connues, ils en concluent la cote de niveau de chacun de ces sommets rapportée au plan général de comparaison, suivant les moyens que nous expliquons page 123 et suivantes.

EXERCICES SUR LES ÉLÉMENTS DE LA PRATIQUE DU NIVELLEMENT AVEC LE NIVEAU D'EAU.

Pour cet exercice comme pour le précédent, les élèves sont réunis par trois sur chaque polygone. Le premier observe, le deuxième porte le voyant, et le troisième dirige les opérations, dont il écrit les résultats dans le registre préparé d'avance. Ils échangent ensuite leurs

fonctions, et il en résulte que le même polygone a été nivelé trois fois. Chaque élève en particulier conclut, d'après les hauteurs de mire écrites dans la deuxième colonne du registre, les différences de hauteur entre les sommets du polygone. Ils écrivent dans la troisième et la quatrième colonne ces différences, qui sont positives ou négatives; ils en font la somme sur l'une ou l'autre de ces colonnes, et ces sommes doivent être égales. Enfin, ils cherchent les cotes de niveau des sommets rapportées au plan général de comparaison. Ces cotes sont écrites dans la cinquième colonne du registre, et si les trois nivellements ont été bien exécutés, leurs résultats seront les mêmes. Les opérations du nivellement polygonal avec le niveau d'eau sont expliquées pages 140 et 178.

EXERCICES SUR LES ÉLÉMENTS DE LA PRATIQUE DU NIVELLEMENT AVEC LE NIVEAU A BULLE D'AIR DE CHEZI.

Le nivellement du polygone avec le niveau de Chezi s'exécute comme nous l'avons expliqué pages 156 et 178. Ainsi que pour le nivellement avec le niveau d'eau par trois élèves, le premier observe, le deuxième porte le voyant, et le troisième dirige les opérations, dont il écrit les résultats dans le registre, savoir : les hauteurs de la mire dans la deuxième colonne, les différences de hauteur entre les sommets dans la troisième et la quatrième colonne, et enfin dans la cinquième les cotes de niveau de chacun de ces sommets rapportées au plan

général de comparaison. Les élèves échangent entre eux leurs fonctions pour diriger un nivellement chacun à leur tour, d'où il résulte que le même polygone a été nivelé trois fois.

Les exercices pratiques du nivellement avec le niveau de maçon, le niveau d'eau et le niveau à bulle d'air de Chezi, suffisent pour donner aux élèves une idée complète de l'usage des instruments, des opérations élémentaires, et des procédés techniques d'exécution de tous les genres de nivellement avec les trois instruments qui sont actuellement en usage, et les seuls que l'on emploie pour les opérations topographiques.

Le professeur fera remarquer à ses élèves que ces opérations élémentaires s'appliquent également au nivellement que l'on voudrait exécuter avec le niveau d'eau des anciens et le niveau à perpendicule des fontainiers de Constantinople, en opérant comme avec le niveau de maçon; et l'on obtiendra les mêmes résultats qu'en employant le niveau de Chezi, si l'on opère avec le niveau de maçon à lunette, les niveaux à perpendicule de Picard, de Huyghens, etc.

Ainsi donc les exercices sur la pratique du nivellement avec le niveau de maçon, le niveau d'eau et le niveau à bulle d'air de Chezi, suffisent pour faire connaître l'emploi que l'on peut faire de tous les niveaux connus, de ceux que l'expérience a fait adopter, et de ceux qui n'ont pas encore été admis par la pratique, ou dont l'usage a été abandonné pour d'autres, en attendant qu'on en imagine de plus parfaits.

Les exercices sur les éléments du nivellement par le

cheminement s'appliquent au canevas polygonal de tous les genres de levers. D'autres exercices sont nécessaires pour apprendre à faire les applications des mêmes éléments aux détails du terrain et aux sections horizontales par le nivellement rayonnant.

EXERCICES SUR LE NIVELLEMENT DES DÉTAILS DU TERRAIN.

Le nivellement des détails du terrain s'exécute, ainsi que nous l'expliquons page 203, par la répétition de l'opération élémentaire du rayonnement sur chacun des points à niveler. Ces exercices, qui n'ont pour objet que de faire comprendre la pratique de cette opération élémentaire, peuvent avoir lieu (fig. 3) sur des piquets plantés à la droite et à la gauche des côtés du polygone qui a servi aux exercices de nivellement du canevas, et que l'on peut supposer marquer des points qui seraient ceux de détails déjà levés à la droite et à la gauche des côtés de ce polygone.

Pour opérer, le premier élève observe, le deuxième porte le voyant, et le troisième dirige les opérations. Les piquets sont plantés, et pour mieux faire comprendre l'objet de ce genre de nivellement, ces piquets sont joints par des cordeaux qui représentent les lignes de projection du contour des détails que l'on a simulés. Les élèves nivellent d'abord ceux de ces détails qui se rapportent au côté n.os 1 et 2; ils changent ensuite de fonctions comme pour les autres exercices, et ils nivellent les détails qui se rapportent au côté n.os 2 et 3. Changeant encore de fonctions, ils nivellent les détails

du côté n.os 3 et 4, puis ceux des côtés n.os 4 et 5, et n.os 5 et 1. Ces exercices ainsi répétés suffisent pour donner aux élèves une idée assez complète du nivellement de tous les genres de détails du terrain.

EXERCICES SUR LE NIVELLEMENT DES PROFILS.

Les lignes de profils sont données (fig. 1.re); elles sont dirigées suivant la pente du terrain, que l'on a choisi découvert et le plus régulier possible, afin de rendre plus faciles les exercices sur les applications des opérations élémentaires. Pour occuper les douze élèves, les lignes de profils sont au nombre de quatre; trois élèves sont exercés sur chacune; elles ont 50 ou 60 mètres de longueur, et s'appuient sur deux lignes AC et BD que l'on suppose appartenir au canevas. Ces lignes sont levées et nivelées d'avance, et on connait leurs cotes de niveau; leur longueur est à peu près de 100 mètres.

Le premier des trois élèves qui s'exercent sur chacune des lignes de profils, observe; le deuxième tient le voyant, et le troisième dirige les opérations, dont il enregistre les résultats. Ils opèrent comme nous l'expliquons page 216 et suivantes. Ils cherchent ensuite, d'après la nature de la pente, une équidistance pour les points de profils qui soit telle que les lignes AB et CD de ces profils, dont la longueur est de 50 ou 60 mètres, puissent contenir cinq de ces points. Le premier élève les ayant observés, déterminés et marqués par des fiches, il est remplacé par le deuxième, puis par le troisième;

celui-ci recommence les mêmes opérations, qui sont ainsi répétées trois fois, comme pour les autres exercices. Les douze élèves ayant opéré en même temps sur les quatre lignes de profils; ils auront acquis une connaissance suffisante des moyens pratiques qu'il convient d'employer pour déterminer les points de tous les profils du canevas d'un lever d'une étendue quelconque.

EXERCICES SUR LE NIVELLEMENT ET LE LEVER DES BASES AUXQUELLES ON RAPPORTE LES ÉQUIDISTANTES HORIZONTALES.

Les exercices sur le nivellement et le lever des bases (fig. 4) ont lieu sur les points de profils que l'on vient de déterminer, mais seulement sur AB et CD. Les profils intermédiaires, qui n'avaient pour objet que les exercices sur le nivellement des points de ces profils, sont supprimés. Les élèves, réunis par trois, nivellent les points des bases dont la longueur sera de 25 mètres à peu près; ces bases divisent en quatre parties la distance du premier profil au deuxième, qui est de 100 mètres. Les douze élèves s'exercent ensemble sur le même terrain, en prenant pour repère, par exemple, pour la première section, le point qui est à la cote de niveau de 40^{m},00; pour la deuxième, le point à la cote de 41^{m},00; pour la troisième, le point à la cote de 42^{m},00, et enfin pour la quatrième, le point à la cote de 43^{m},00. Chaque section nivelle et lève les quatre bases désignées par leurs cotes de niveau. Ils répètent trois fois ces opérations, en prenant leurs points de départ et de repère de nivellement alternativement sur

le premier et le deuxième profil. A chaque nivellement, ils laissent une fiche pour marquer les points du terrain déterminés par chaque opération répétée, de sorte qu'après la troisième, les mêmes points observés sont marqués par trois fiches, qui se trouveront à la même place, si l'on a bien opéré; ce qui probablement n'aura lieu que par hasard, parce que les élèves n'auront pas acquis assez d'expérience pour obtenir de prime abord un tel résultat. Les fiches marquant sur le terrain des points dans différentes positions, feront voir de combien on s'est écarté de celui que l'on a voulu déterminer, et on passe outre pour s'occuper du nivellement et du lever des équidistantes horizontales qui devront être rapportées aux lignes de bases que l'on vient de niveler et de lever.

EXERCICES SUR LE NIVELLEMENT ET LE LEVER DES ÉQUIDISTANTES HORIZONTALES.

NIVELLEMENT DES ÉQUIDISTANTES HORIZONTALES PAR LA MÉTHODE DU RAYONNEMENT, ET LEVER DE CES LIGNES PAR LA MÉTHODE DES INTERSECTIONS.

Les exercices sur le nivellement des horizontales ont lieu sur le terrain que limitent les mêmes profils AB et CD (fig. 5), et la distance de 100 mètres qui les sépare est divisée en deux parties, ou deux bases *ab* et *bc*, qui s'appuient sur les points de ces profils à la cote de 40^{m}, et en deux autres bases *de* et *ef*, s'appuyant sur les points des mêmes profils à la cote de 43^{m}.

Les points de bases sont nivelés et levés d'avance, et marqués sur le terrain comme les points de profils. Les élèves s'exercent sur chacune des bases au nivellement et au lever des horizontales : la première section sur la base *ab*, la deuxième sur la base *bc*, la troisième sur la base *de*, et la quatrième sur la base *ef*. Chaque section aura à faire le lever de trois horizontales : la première et la deuxième section lèveront les horizontales aux cotes de 40^m,00, 41^m,00 et 42^m,00 ; la troisième et la quatrième section, les horizontales aux cotes de 43^m,00, 44^m,00 et 45^m,00.

Le nivellement et le lever des horizontales s'exécutent par les élèves de chaque section comme nous l'avons expliqué page 228 et suivantes. Le niveau est mis en station pour chaque base en S, S′, S″ et S‴. De ces stations, le premier élève de chaque section, après avoir pris la hauteur de la mire que le deuxième élève tient sur le repère, observe successivement les points d'horizontales n.ºs 1, 2, 3, 4 et 5. Il fait élever la mire d'une quantité égale à l'équidistance adoptée, et observe les points n.ºs 6, 7, 8, 9, 10 et 11 ; il fait ensuite élever la mire à la hauteur de l'équidistance, et observe les points n.ºs 12, 13, 14, 15, 16 et 17. Le troisième élève enregistre les résultats des opérations. Il remplace le premier élève, qui lui-même remplace le deuxième, remplissant les fonctions du troisième pour enregistrer les résultats des opérations, et ils recommencent le nivellement des mêmes points, en prenant pour point de départ l'extrémité *b* de la base. Les élèves se remplacent une troisième fois pour recommencer le nivellement des

mêmes points qui se trouveront marqués sur le terrain par trois fiches plus ou moins rapprochées des points que l'on aura eu l'intention de déterminer, suivant que l'on aura opéré avec plus ou moins d'exactitude, puis on passera outre pour s'occuper du lever des points que l'on vient de niveler.

Le lever des points de même cote déterminés sur le terrain par les opérations du nivellement se fait avec la planchette ou avec la boussole par la méthode des intersections, en stationnant, par exemple, sur le point de profil à la cote de 42^{m},00, et ensuite sur celui qui est à la même cote, et désigné par le n.° 17. De ces deux stations on ne peut observer que les points des deux horizontales supérieures. Quant à ceux de la troisième horizontale, ils s'observent du point de profil à la cote de 41^{m},00, ou de celui à la cote de 40^{m},00, et de leurs correspondants n.ºs 6 ou 5. Ces points sont déterminés et projetés sur l'épure d'après les angles observés que l'on a écrits dans le registre. Ainsi que pour les autres exercices, celui du lever des horizontales se répète trois fois par les élèves, qui changent de fonctions pour chacune d'elles.

Les opérations du nivellement et du lever des horizontales s'exécutent par les quatre sections en employant les mêmes procédés. Les douze élèves qui composent ces sections auront acquis par cet exercice une connaissance complète du nivellement et du lever des horizontales sur un terrain découvert et d'une étendue quelconque.

NIVELLEMENT ET LEVER DES HORIZONTALES AVEC LA BOUSSOLE NIVELANTE.

Pour les exercices du nivellement et du lever des horizontales avec la boussole nivelante, les points de profils et de bases conservent les mêmes dispositions que dans les exercices précédents.

Pour la base *ab* (fig. 6), la boussole est mise en station sur le point S, à la cote de $41^m,00$; pour la base *bc*, sur le point S′ de même cote, n.° 6; pour la base *de*, sur le point S″, à la cote de $44^m,00$, et enfin pour la base *ef*, sur le point S‴ de même cote, n.° 6. Le premier élève de chaque section observe le point de repère, soit, par exemple, celui de *a* de la base *ab*; il prend la hauteur de la mire, et il observe successivement les points n.os 1, 2, 3, 4 et 5 de la première horizontale, à la cote de $40^m,00$. Etant sur le point n.° 5, il fait élever la mire au-dessus de sa position actuelle à une hauteur égale à l'équidistance, puis il observe les points n.os 6, 7, 8, 9, 10 et 11 de la deuxième horizontale, à la cote de $41^m,00$. Etant sur le point n.° 11, il fait élever la mire à une hauteur égale à l'équidistance, et il observe les points n.os 12, 13, 14, 15, 16 et 17. Les angles observés sont écrits dans le registre, et les élèves changeant de fonctions, répètent les mêmes opérations, comme pour les autres exercices, une deuxième et enfin une troisième fois.

Les distances entre les points observés sont mesurées une seule fois par deux aides chaineurs, pour les quatre

sections. Pendant les premières observations, ils mesurent les distances de la première section ; pendant les deuxièmes observations, ils mesurent les distances de la deuxième section, et pendant les troisièmes observations, ils mesurent les distances de la troisième section ; ils continuent le mesurage pour la quatrième section, et ces distances sont écrites dans le registre du lever particulier à chaque section.

Par la répétition des exercices du nivellement et du lever des équidistantes horizontales avec la boussole nivelante, les élèves auront acquis la pratique nécessaire pour exécuter ce genre de lever sur un terrain découvert et d'une étendue quelconque, comme nous l'expliquons page 236.

EXERCICES SUR LE NIVELLEMENT DES TERRAINS LÉGÈREMENT ONDULÉS.

Les exercices sur le nivellement rayonnant des terrains légèrement ondulés consistent à opérer, comme nous l'avons expliqué page 191, sur un carré *abcd* de 100 mètres de côté (fig. 7), pris sur le terrain qui a servi aux exercices de la pratique du nivellement des lignes polygonales du canevas. Ce carré est divisé en quatre parties égales par les lignes *ef* et *gh* qui se coupent en *i*, et les élèves des quatre sections s'exercent en particulier sur chacune de ces divisions : la première section sur le carré *ai*, la deuxième sur le carré *hf*, la troisième sur le carré *eg*, et la quatrième sur le carré *ic*. Ces carrés sont levés, piquetés et nivelés d'avance ;

leurs côtés sont divisés en parties égales, que l'on suppose de 10 mètres. Ces points sont aussi mesurés et piquetés d'avance, et sont joints par des droites qui divisent les grands carrés en de plus petits, dont on a pour objet de niveler les sommets.

Pour cette opération, le premier élève de chaque section se place en station au milieu de son carré, par exemple, sur les points S, S′, S″ et S‴. Le deuxième élève porte le voyant sur les points à niveler, en commençant, par exemple, par le repère *a* n.° 1 sur lequel il prend la hauteur de la mire, que le troisième élève écrit dans le registre. Il fait ensuite porter le voyant successivement sur les points n.os 2 et 3, jusqu'au n.° 6; du n.° 6, en descendant, jusqu'au n.° 10; du n.° 10 au n.° 12, et en remontant, jusqu'au n.° 5, et ainsi successivement, en descendant et en remontant, suivant toutes les séries de points, jusqu'à ceux situés sur le côté *ae*, se terminant au point de repère n.° 1. Les résultats du nivellement, qui sont la hauteur de la mire pour chacun des points, sont écrits dans un registre, ou immédiatement sur la figure tracée d'avance sur le papier, et au moyen de la distance du plan du niveau au plan général de comparaison et de la hauteur de la mire, on détermine la cote de niveau de chacun des points nivelés rapportée à ce dernier plan. Ce nivellement, comme celui des autres exercices, se répète trois fois par les élèves des quatre sections, qui ont alors acquis la pratique nécessaire pour appliquer ce genre de nivellement à la description d'un terrain d'une étendue quelconque.

Les opérations élémentaires du nivellement que l'on aura appliquées à la description des terrains découverts, s'appliqueront également aux terrains fortement accidentés, ou couverts de vignes ou de bois, sans qu'il soit nécessaire de s'exercer à ce genre de nivellement avec le professeur : ce qu'il aura dit sur ce nivellement, que nous expliquons dans le quatrième cahier de nos Essais, fera suffisamment comprendre la marche à suivre pour l'appliquer à tous les terrains, quelle que soit la nature de leurs détails, de leurs formes et de leurs accidents.

Les exercices sur les opérations élémentaires du nivellement topographique, que nous venons d'expliquer dans notre sixième cahier, sont suffisants pour faire connaître aux élèves les applications de ces opérations aux levers du canevas, à celui des détails du terrain et des sections horizontales, et enfin à tous les genres de levers topographiques. Cette dernière partie de notre cours, ainsi que celles qui font le sujet des cinq autres cahiers, est donc complète, ou du moins aussi complète que nos expériences et l'état actuel de perfectionnement de la topographie nous ont permis de le faire.

Nous sommes enfin parvenu à rendre l'enseignement des opérations des levers, du nivellement, de l'usage des instruments, et des procédés techniques d'exécution, aussi facile et aussi prompt que l'enseignement de la première partie de notre cours, et pour les mêmes élèves, qui n'ont d'autres notions du dessin et de la géométrie que celles acquises par la première partie du cours, et qui se sont trouvées suffisantes pour qu'ils

puissent continuer leurs études sans rencontrer de grandes difficultés. On devait s'attendre à ce résultat pour le dessin, dont ils ont progressivement appris la pratique par la suite d'épures qu'ils ont exécutées, depuis celle des échelles jusqu'à la carte d'ensemble.

Quant aux connaissances géométriques nécessaires aux élèves pour comprendre la théorie des opérations du lever, ils les ont acquises avec beaucoup plus de facilité que la pratique du dessin. Le professeur leur a répété si souvent la théorie des angles, des triangles, des polygones, des figures semblables, etc., qu'ils ont appris cette théorie sans peine, et sans se douter qu'ils faisaient de la géométrie, et ils sont parvenus à en faire l'application aux opérations topographiques aussi bien, peut-être mieux que si cette théorie leur eût été enseignée d'avance, et plus promptement encore, parce qu'on gagne le temps qu'on aurait employé à cet enseignement.

On a aussi beaucoup abrégé le temps de l'étude des opérations des levers, par les exercices préparatoires de ces levers au moyen d'épures construites à une grande échelle, sur lesquelles on simule les opérations que l'on exécute plus tard sur le terrain, pour s'exercer à la pratique des instruments, qui, après cette étude, demande alors peu de temps, parce qu'elle se borne au mécanisme et à l'usage des instruments, que les exercices que nous venons d'expliquer, dirigés par le professeur, apprennent à connaître assez complètement pour que les élèves puissent, seulement par les applications qu'ils

devront en faire aux levers et au nivellement des différents genres, et sans autre instruction, acquérir toute l'habileté qu'exige un semblable travail.

Si les éléments qu'enseigne le professeur sont si simples et si faciles dans leurs applications, ils suffisent donc pour arriver à un pareil résultat. L'élève qui aura suivi les leçons de la deuxième partie du cours, sera capable de faire cet enseignement immédiatement après avoir achevé son cours, comme nous avons vu qu'il peut faire celui des éléments de la première partie à des élèves aussi peu instruits qu'il l'était lui-même lorsqu'il a entrepris ce genre d'étude. Cet enseignement ainsi transmis tend non seulement à rendre plus habile l'élève qui le fait, mais il est encore un moyen remarquable de communiquer d'une manière prompte et facile les leçons du professeur à un grand nombre d'élèves ; ce qui est d'une très-grande importance pour un art utile à presque toutes les classes de la société, et indispensable aux militaires et aux ingénieurs-constructeurs.

Ce que nous avons essayé d'expliquer dans la deuxième partie de notre cours, et qui a pour objet les moyens pratiques d'exécution des levers et du nivellement topographique, a été rédigé comme la première partie, tout en faisant, par des expériences répétées, l'essai des méthodes qui nous ont paru les plus favorables à l'exécution des opérations des levers et du nivellement, et se rapprochent le plus du but que nous nous sommes proposé, c'est-à-dire l'enseignement complet des éléments de l'art de décrire le terrain, tel qu'il soit facile pour le professeur, utile et attrayant pour

les élèves, et n'exige aucune notion préalable du dessin ni de la géométrie, afin qu'il puisse être suivi par les personnes qui ne possèdent pas ces connaissances, pour que ceux qui, par état, comme les militaires particulièrement, ont besoin de connaître l'art de décrire le terrain, n'aient plus le moindre prétexte pour se dispenser de cette étude, pas même celui de l'âge, que l'on ne doit pas plus admettre pour les militaires qu'il ne le serait pour l'art de faire manœuvrer les troupes, ce qu'ils étudient à tout âge, quel que soit leur grade, sans s'étonner d'avoir encore quelque chose à apprendre. Et pourquoi croiraient-ils s'abaisser en se livrant à l'étude de l'art de décrire le terrain, qu'ils peuvent ignorer, et sur lequel terrain ils doivent appliquer les manœuvres de troupes, qui ont fait le sujet de leurs premières études, pour passer de l'état de manœuvrier à celui de tacticien, et de celui-ci aux connaissances plus étendues de la stratégie, auxquelles le militaire ne peut parvenir que par les études progressives des autres parties de l'art, et dont les premiers éléments sont incontestablement dans la connaissance réelle, non superficielle ni routinière, du terrain et de la manœuvre des troupes. On devra donc se demander comment il se fait que l'art des levers qui conduit à la connaissance du terrain, laquelle est inséparable de celle des manœuvres; comment il se fait que cette connaissance du terrain, à laquelle on ne peut arriver que par la pratique des levers, soit encore sans doctrine d'enseignement, malgré les travaux remarquables qu'a produits cette pratique, qui d'ailleurs disparaît avec ceux qui la possèdent et l'ont perfectionnée, sans

que l'on se soit aperçu que cette disparition ou la non-révélation des procédés et des méthodes que l'on n'a pas jugé convenable de faire passer dans l'enseignement, ne laisseront plus pour témoignage de leur existence, que des travaux qui auront été admirés et que l'on admirera long-temps encore sans pouvoir les imiter. C'est, en effet, ce qui doit arriver, si l'on ne se détermine à demander au petit nombre d'hommes de nos jours qui ont contribué à l'exécution de ces travaux, qu'ils nous expliquent jusqu'aux moindres détails les applications des procédés pratiques élémentaires des levers topographiques que leur expérience leur a fait adopter, chacun dans sa spécialité.

Les ingénieurs-constructeurs, ceux du corps du génie militaire, ceux des ponts et chaussées, les ingénieurs civils et les architectes, nous apprendront les éléments des levers du premier ordre, de celui des terrains sur lesquels on se propose d'exécuter des travaux, et des moyens employés pour en étudier les projets sur la carte. Ils nous expliqueront les procédés du lever des travaux existants, de celui des places de guerre, des villes et de leurs environs, des routes, des canaux, et autres grandes constructions exécutées sur des terrains de différentes natures; du lever des détails de tout genre, par plan, coupe et élévation, des bâtiments, des monuments anciens, du moyen-âge et des temps modernes.

Les ingénieurs-géographes nous enseigneront les éléments des levers du deuxième ordre, qui s'appliquen à celui d'un terrain d'une étendue quelconque.

Les officiers d'état-major nous feront connaître les

éléments des levers militaires ; de ceux des frontières, qu'ils exécutent en temps de paix ; des camps, des positions, des itinéraires, et des levers de reconnaissances qui se font en présence de l'ennemi. Ils nous expliqueront les applications de ces levers aux opérations de la guerre, pour faire simultanément, et en temps de paix, l'étude de ces opérations et du terrain sur le terrain même, comme on devra plus tard les exécuter à l'armée.

Les ingénieurs des mines, les géologues, etc., les savants qui s'occupent des sciences naturelles, nous apprendront par quels procédés ils font les levers qui leur servent à étudier les formes et la nature des terrains.

Les ingénieurs-hydrographes nous communiqueront les méthodes au moyen desquelles ils relèvent les points qui décrivent les surfaces des terrains sous-marins.

Enfin, par les géomètres du cadastre et ceux des eaux et forêts, nous connaîtrons les éléments des levers qui ont rapport à la division des propriétés.

C'est par ces données, ces méthodes et ces procédés pratiques, fruits de l'expérience des topographes des différents services, que l'on parviendra, après en avoir fait le choix, en les soumettant à de nouvelles épreuves, à créer une doctrine d'enseignement élémentaire uniforme, qui établira des relations intimes entre les professeurs de toutes les écoles, et ceux-ci, par leurs rapports avec les praticiens, seront à même de suivre les progrès de l'art, de manière à être constamment à la hauteur de sa perfection actuelle. Disposé ainsi à marcher dans cette voie, on n'aura plus à craindre que l'enseignement ne soit en arrière de cette perfection, ce qui

a presque toujours lieu par des préjugés d'école contraires à ses progrès. Ces préjugés ont une influence très-nuisible à l'instruction des élèves, et par suite aux intérêts des services, qui n'étant pas compris d'une manière convenable dans les écoles, sont cause qu'on n'y donne pas les connaissances topographiques que réclament les besoins de ces services : ce qui doit avoir lieu, si l'enseignement ne suit pas les progrès de l'art.

Les principes de la nouvelle topographie, comme nous l'avons vu par ses divers perfectionnements, sont d'une application plus avantageuse que ceux de l'ancienne, surtout pour l'étude des travaux de grande construction, des routes, des canaux, et des ouvrages de fortification, pour lesquels celle-ci n'était que d'un intérêt secondaire, parce qu'elle ne décrivait le terrain que difficilement et d'une manière incomplète. La nouvelle topographie, au contraire, présente un intérêt d'autant plus important, que non seulement elle décrit complètement le terrain, mais que l'application de ses méthodes et de ses procédés est sûre, facile, prompte, et produit une description d'après laquelle on peut étudier dans le cabinet les projets de construction de toute nature que l'on peut se proposer d'exécuter sur le terrain ainsi décrit, et avec une précision qu'il est impossible d'atteindre par les moyens employés jusqu'à présent. Ces perfectionnements, que nous feront connaître les topographes des différents services, se sont étendus aux levers du deuxième et du troisième ordre, que l'on exécuté avec autant de certitude, de facilité et de célérité que ceux du premier.

Il est donc de la plus grande importance, et dans l'intérêt des services pour lesquels les travaux topographiques sont d'une utilité incontestable, d'introduire dans les écoles l'enseignement de la nouvelle topographie, qui n'est encore connue que par ses résultats. Mais comme ses méthodes et ses procédés pratiques sont disséminés, on devra les rechercher, les réunir, les réduire à leurs éléments et les discuter, pour en composer un corps de doctrine qu'approuveront les professeurs et les topographes qui auront contribué à sa formation.

En conséquence, les professeurs auront à examiner, chacun en particulier, les méthodes et les procédés perfectionnés par eux, et à les comparer avec ceux qui leur seront communiqués par les professeurs et les topographes des autres services, pour en faire le choix et former leurs cours, qui, après avoir été comparés à ceux des autres professeurs, seront encore modifiés, jusqu'à ce que l'on obtienne un cours qui ait l'assentiment de tous les professeurs sous le rapport des matières que l'on devra traiter. Ensuite, ils auront à étudier le mode d'enseignement, qui est pour eux la partie la plus importante et la plus difficile, parce que, sous ce rapport, ils auront tout à faire, si l'on entreprend, comme on doit se le proposer, de rendre cet enseignement uniforme pour toutes les écoles.

C'est seulement pour contribuer à la formation d'un cours qui procure ces résultats, que nous proposons le nôtre, dans le but de fixer assez l'attention des professeurs de topographie pour les déterminer à faire un semblable travail.

FIN DU SIXIÈME CAHIER.

SEPTIÈME CAHIER.

OBSERVATIONS

SUR LES ESSAIS DE L'ENSEIGNEMENT

DE LA PRATIQUE DES LEVERS

ET

DU NIVELLEMENT TOPOGRAPHIQUES.

Il s'agissait, pour l'enseignement de la pratique des levers et du nivellement que nous avons essayé d'expliquer dans les six premiers cahiers de notre cours, de l'étude de leurs éléments par des expériences purement pratiques. Ces éléments doivent être réduits à leur plus simple expression, pour être compris facilement par les élèves auxquels ils seront expliqués pour la première fois, et que l'on suppose ne posséder aucune connaissance préliminaire acquise d'avance pour se livrer à ce genre d'étude. Il faut donc que ces éléments soient complets, clairs, précis et progressifs, c'est-à-dire coordonnés de manière à passer sans difficulté du simple au composé, jusqu'à leurs applications, afin qu'après avoir été bien compris, on puisse facilement les appliquer à tous les genres de levers. Comme nous l'avons vu, ces appli-

cations ne sont autres que celles des premiers éléments développés, lesquels consistent en quelques méthodes et procédés pratiques très-simples, qui, au moyen de légères modifications, s'appliquent à tous les levers, et que les élèves comprennent facilement, s'ils leur ont été expliqués dans toute leur simplicité.

Mais il ne suffit pas de comprendre ces éléments et leurs applications, qui ne seront d'abord que de la théorie; l'enseignement consiste plus particulièrement, ou plutôt uniquement, dans la pratique, qui comprend nécessairement cette théorie. En effet, l'objet que l'on se propose dans l'étude de la topographie est de se rendre capable d'exécuter tous les genres de levers; ce qui exige évidemment l'adresse de la main, pour opérer facilement avec les instruments, et la justesse de l'œil, pour observer avec exactitude : c'est ce que nous entendons par la pratique de l'art, à laquelle la théorie seule ne peut suppléer. Ainsi, pour un enseignement tel que celui de la topographie, les études doivent marcher de front, jusqu'à ce que, par des exercices répétés, on en ait acquis la pratique et compris la théorie.

Jusqu'à présent on ne s'est pas occupé des éléments de l'enseignement de la pratique des levers, on n'y a pas même pensé; cet enseignement est donc réduit, dans les écoles, à celui de sa théorie. Nous avons essayé de remplir cette lacune, et, comme on l'a vu, avec assez de succès pour faire comprendre ce que l'on peut espérer d'un enseignement plus parfait.

Notre cours devait être complet, parce que les élèves que nous avons pris pour en faire l'essai, avaient tout

à apprendre. Nous avons dû étudier successivement les éléments du dessin linéaire et du dessin graphique, qui s'appliquent à la construction des épures topographiques. Ces constructions nous ont fait connaître la théorie et comprendre la pratique des opérations des levers, et terminant ces études par le simulacre de ces opérations, nous n'avons plus à étudier, pour compléter notre instruction topographique élémentaire, que la pratique de leur application sur le terrain, puis le mécanisme et l'usage des instruments. Nous avons également étudié les éléments de cette pratique, ainsi que ceux qui conduisent à la connaissance du mécanisme et de l'usage des instruments.

Le dessin linéaire a d'abord fixé notre attention, parce que nous avons remarqué que cette instruction élémentaire, que l'on peut considérer comme l'alphabet de tous les genres de dessin, et dont on a compris de nos jours toute l'importance, excepté celle que l'on doit attacher à son enseignement, est, par cela même, encore privée de ses premiers éléments, ce qui rend cet enseignement trop difficile pour que le professeur de topographie se détermine à s'en occuper. Il en suppose donc les éléments connus, et les élèves exécutent péniblement le dessin graphique appliqué aux différentes constructions dont il est la base. Cependant ce dessin est, comme on le sait, à quelques exceptions près, ce qui fatigue le plus les élèves, qui, faute d'en connaître les éléments, ne parviennent jamais à exécuter facilement leurs travaux graphiques; tandis que, comme nous avons essayé de l'expliquer dans notre premier cahier, ce que d'ail-

leurs l'expérience a confirmé, les éléments de ce genre de dessin une fois bien compris, ses applications deviennent de moins en moins difficiles, et se font enfin avec autant de promptitude et de facilité que le tracé des caractères de l'écriture ordinaire.

Si l'on prend en considération ce fait, que nous regardons comme incontestable, on reconnaîtra la nécessité de l'enseignement des éléments du dessin linéaire non seulement pour préparer à l'étude de la topographie, mais encore à celle de tous les genres de dessin, parce que, comme premier moyen d'exécution, il faut savoir tracer avec facilité et précision des droites et des courbes, qui sont les lignes de contour et d'arête des objets qu'on a à représenter géométriquement ou par imitation. On se déterminera d'autant plus facilement à entreprendre cet enseignement, qu'il n'exige que quelques jours d'exercice, et qu'on sera dispensé de s'en occuper dans les écoles, lorsqu'on aura reconnu qu'il peut être donné par les maîtres d'écriture, et considéré par eux comme le premier élément de leur art, qu'ils peuvent enseigner sans employer plus de temps. De cette manière, les élèves auront appris simultanément la pratique de l'écriture et du dessin linéaire.

Après les exercices qui nous ont fait comprendre les éléments du dessin linéaire, nous avons dû nous occuper de ses applications par le dessin graphique des épures topographiques, pour acquérir la pratique de ce dessin, et ensuite celle du dessin linéaire, dont on ne connait encore que les éléments. Les études de la pratique de ces deux genres de dessin, faites simultané-

ment, sont faciles lorsqu'on en comprend bien les éléments.

Les éléments du dessin graphique, comme nous l'avons vu, consistent dans l'usage de la règle, du compas, des échelles et du rapporteur, et leurs applications dans la construction des lignes descriptives des objets dont on veut exécuter la projection sur la carte, et dont les figures se construisent d'après les méthodes qu'enseigne la géométrie. Ces méthodes, qui sont simples et faciles à concevoir, constituent ce que nous entendons par la théorie des levers, de laquelle se déduisent les opérations au moyen desquelles on exécute ces levers.

Les exercices sur la pratique du dessin graphique se rapportent à la construction des échelles, qui donne une idée de la précision que l'on peut obtenir des opérations graphiques, et est une des premières applications du dessin linéaire. Ces essais ne produisent d'abord d'autres résultats que de faire comprendre l'exactitude à laquelle il est nécessaire de parvenir pour la construction et le tracé des échelles. On répète ces constructions jusqu'à ce que l'on en connaisse les difficultés, ainsi que les moyens que l'expérience donnera plus tard pour les surmonter, puis on abandonne ces échelles, comme étant par trop inexactes, pour en employer d'autres gravées sur cuivre, avec lesquelles on s'exerce à construire les différentes figures qui composent le canevas et les détails topographiques.

La suite de ces constructions, par la répétition d'opérations élémentaires de même nature, conduit progressivement à la connaissance de l'usage et de la pra-

tique des échelles, de la règle, du compas et du rapporteur, et à celle des méthodes qu'enseigne la théorie pour tous les genres de levers. On est parvenu, de cette manière, à exécuter le dessin et les constructions graphiques avec assez de facilité pour entreprendre la carte d'ensemble, qui est le résultat des études précédentes. Alors, sans être un habile dessinateur, on a néanmoins acquis une idée précise des moyens à employer pour le devenir, et une pratique suffisante pour passer de cette première partie du cours à la deuxième, qui, comme nous l'avons vu, consiste principalement, pour compléter l'instruction topographique, en des exercices sur le terrain, par lesquels on apprend le mécanisme et l'usage des instruments, en répétant les mêmes opérations des levers qui ont été le sujet des exercices sur la pratique des constructions graphiques.

Enfin, nous avons appris tout ce que peut enseigner le professeur de topographie sur la pratique des levers et du nivellement. Cet enseignement mettra les élèves en état d'entreprendre l'application de ces connaissances, et de les développer eux-mêmes, pour se rendre capables d'exécuter les travaux topographiques que l'on exigera d'eux dans les différents services auxquels ils se destinent. Suivant leur spécialité, ces travaux seront du premier, du deuxième ou du troisième ordre. Ils ont tous pour premiers éléments d'exécution la mesure des lignes ou distances et celle des angles réduites à leur projection, et la mesure des distances verticales entre les points relevés par les premiers moyens.

Ces opérations s'appliquent d'après les méthodes qu'en-

seigne la géométrie pour construire en projection des figures semblables à celles du terrain. Ces méthodes, que nous connaissons, sont les éléments des moyens d'exécution; et suivant la manière dont nous les avons étudiés, ces moyens s'appliquent, sauf quelques modifications, mais toujours avec une égale facilité, à tous les genres de topographie. Ces modifications sont indiquées par la nature des objets qu'il s'agit de décrire.

La méthode du cheminement est celle qui est adoptée, comme étant la plus convenable, pour le lever du canevas polygonal; les méthodes des intersections et des recoupements pour les cas particuliers qui rendent celle du cheminement impraticable, ou pour vérifier les opérations faites suivant cette dernière méthode par des observations sur des points trigonométriques ou d'autres points isolés. Quant aux opérations du nivellement, lorsqu'elles ne peuvent être continuées par le nivellement simple, qui détermine immédiatement la différence de hauteur entre deux points, elles s'exécutent par le nivellement composé, par celui à voyant renversé, ou par le nivellement rayonnant.

Les opérations des levers et du nivellement se modifient selon les différents instruments que l'on emploie pour les exécuter, et le genre de topographie auquel elles s'appliquent. Nous avons vu que, dans les levers du premier ordre, on se sert de règles montées sur des pieds, ou du quadruple mètre, pour la mesure des lignes topographiques, et pour celle des angles, de la boussole ou de la planchette; que la mesure des lignes et des angles, dans les levers du deuxième ordre, s'exé-

cute avec la chaîne et la boussole, et que pour ceux du troisième ordre, on mesure les lignes au pas, et les angles avec la boussole, ou avec une petite planchette dont nous expliquerons l'usage, lorsque nous nous occuperons des levers militaires, où les angles s'estiment à vue. Nous avons vu aussi que le nivellement s'exécute avec le niveau à bulle d'air de Chezi ou le niveau d'eau, et pour les sections horizontales, avec la boussole nivelante. Enfin, les exercices sur le mécanisme et l'usage de tous ces instruments nous ont conduit à la pratique des opérations de tous les genres de levers, en même temps qu'à la manière de coordonner méthodiquement la suite de ces opérations qui se succèdent, et en concluant du grand au petit, se déduisent les unes des autres par une marche simple et facile, depuis l'opération qui relève les points de la première ligne du canevas polygonal, jusqu'à celle qui relève le dernier point des sections horizontales, par laquelle se termine la description du terrain.

Nous avons vu que les résultats de cette suite d'opérations produisent non seulement une description graphique complète par la rédaction de la carte, mais qu'au moyen des registres des levers et du nivellement du canevas polygonal, et des dessins cotés du lever des détails, on peut construire et reproduire en tout temps une description graphique semblable à la première et d'après une échelle quelconque.

Cette propriété très-remarquable de la nouvelle topographie, si avantageuse, sous tous les rapports, à l'objet que l'on attend de ses résultats, ne peut manquer

tôt ou tard d'être prise en considération, surtout lorsqu'on aura observé qu'elle produit des levers définitifs sur lesquels on n'a plus à revenir, si ce n'est pour y ajouter, à mesure qu'ils s'effectuent, les changements que des travaux d'art ou des accidents quelconques ont opérés à la surface du terrain décrit. Cette nouvelle description, en conservant celle de l'état du terrain à l'époque du premier lever, fait connaître les changements successifs qu'il a éprouvés, jusqu'au moment où l'on a besoin de recourir à la première carte pour étudier des projets qui devront encore modifier la surface du terrain par de nouveaux travaux, ou pour améliorer ceux qui existent; tandis que, faute d'une carte d'ensemble, comme celle que produit la nouvelle topographie, ces projets nécessitent l'exécution de levers qui fournissent difficilement des données aussi exactes et aussi complètes que celles qu'on trouve sur la carte d'ensemble dont il s'agit.

Nous n'ignorons pas que les ingénieurs chargés de grands travaux de constructions s'occupent d'abord du lever de la carte d'ensemble du terrain, et que, sur cette carte, ils étudient leurs projets de constructions; mais nous savons aussi que ces levers, exécutés suivant les méthodes de l'ancienne topographie, sont incomplets et purement graphiques. En effet, ils sont incomplets dans la partie la plus importante, la description des formes et des accidents du terrain, qui ne peuvent être décrits que par les sections horizontales, que l'ancienne topographie ne sait pas appliquer à un lever d'une grande étendue, et que la nouvelle décrit avec la

même facilité que les détails qui peuvent l'être par les lignes de projection de leurs contours et de leurs arêtes.

De ce que les levers exécutés d'après les méthodes de l'ancienne topographie n'ont pour résultats que des constructions graphiques, il résulte que, quelle que soit l'exactitude que l'on ait pu apporter à ces constructions, exactitude d'ailleurs peu appréciable, elle ne tarde pas à s'altérer, et toutes les fois que l'on aura à opérer sur le même terrain pour reprendre l'étude d'anciens projets, pour en concevoir d'autres, ou pour compléter ou améliorer des travaux déjà existants, on sera dans la nécessité de faire d'autres levers, qui occasionneront une perte de temps et de nouvelles dépenses. La topographie actuelle nous en exemptera, tout en produisant une description topographique du terrain non seulement plus complète, mais qui est en outre, comme nous l'avons vu pour le lever des détails intérieurs des bâtiments, la base de celui des détails de tout genre, d'après lequel on peut les exécuter par plans, coupes et élévations, pour l'étude des projets de leur construction, ou pour augmenter, améliorer ou réparer des constructions existantes, dont on a alors le lever coté de toutes leurs dimensions.

Les levers cotés d'ensemble peuvent donc satisfaire à tous les besoins des ingénieurs-constructeurs pour la rédaction de leurs projets. Quant à notre enseignement, nous avons prouvé par ses résultats qu'il est déjà possible, par des moyens simples et faciles, d'acquérir la pratique de ces levers. On peut donc espérer de notables améliorations dans l'enseignement, les méthodes et les

procédés de l'art, du concours des topographes de tous les services, s'ils jugent convenable de répondre à nos désirs, et l'art de décrire le terrain par le moyen de la nouvelle topographie, et dans l'intérêt des services, sera bientôt connu de toutes les personnes qui pourront être chargées des levers du premier ordre.

OBSERVATIONS SUR LES LEVERS DU DEUXIÈME ORDRE.

Les levers du deuxième ordre sont absolument semblables à ceux du premier, sous le rapport des méthodes et de la manière de coordonner la suite des opérations; ils diffèrent seulement par les moyens d'exécution. Leurs résultats ont pour objet de faire connaître le terrain par ses formes générales et ses principaux détails, c'est-à-dire ceux qu'il est possible d'exprimer sur la carte d'après l'échelle employée pour sa construction.

Les exercices sur la construction du canevas nous ont fait voir que cette construction peut être exécutée, d'après les mêmes données, avec toutes les échelles en usage, jusqu'à celle de $\frac{1}{20,000}$, qui est la plus réduite de celles qu'il convient d'employer pour les levers du deuxième ordre. Cette construction étant possible, les opérations du lever du canevas pour celui du deuxième ordre sont les mêmes que pour celui du premier; les angles se mesurent également avec la boussole, et pour opérer avec plus de célérité, et pourtant avec une exactitude suffisante, on mesure les lignes polygonales avec la chaîne. Les résultats de ces opérations sont enregistrés.

Les levers des détails et des sections horizontales s'exé-

culent en même temps que celui du canevas, de sorte que le travail de chaque jour est terminé dans toutes ses parties, afin de n'avoir plus à revenir sur le même terrain.

Les opérations du lever des détails, qui se rapportent à chacune des lignes polygonales du canevas par des perpendiculaires sur lesquelles on relève les points qui servent au tracé des lignes de projection du contour de ces détails, s'exécutent avec la chaîne pour la mesure des abscisses, tout en faisant celle de la ligne polygonale ; les perpendiculaires s'estiment à vue, et leur longueur se mesure au pas.

Le nivellement s'exécute successivement en même temps que les opérations des levers du canevas et des détails. On nivelle d'abord les points qui fixent la position des lignes polygonales. Les cotes de niveau de ces points sont prises pour repères du nivellement des détails et des sections horizontales, qui s'exécute par la méthode du rayonnement, en opérant avec la boussole nivelante, ou avec la même boussole, par la mesure des angles de pente des lignes de profils, sur lesquelles on détermine, au moyen des tables calculées pour cet usage, les points des équidistantes horizontales. La description du terrain est alors terminée.

OBSERVATIONS SUR LES LEVERS DU TROISIÈME ORDRE.

Nous entendons par le lever topographique du troisième ordre celui pour l'exécution duquel on emploie les procédés pratiques les plus expéditifs, les instru-

ments les plus simples, et qu'on parvient enfin à exécuter avec le secours seul du crayon, qui sert à faire sur le papier le tracé des formes et des détails du terrain. Dans ce dernier cas, l'exactitude géométrique disparaît pour être remplacée par celle que produisent les approximations de l'imitation, dépendantes de la justesse avec laquelle on juge les objets qu'on peut avoir à décrire graphiquement, sans connaître leurs dimensions, que l'on mesure directement pour les autres genres de topographie, mais qu'il faut juger à la simple vue, pour celui-ci. On parvient à les estimer avec une exactitude suffisante, relativement à l'objet que l'on se propose dans l'emploi de ce travail, et cela malgré les lois de la vision, qui, comme on le sait, rendent l'œil incapable de juger les distances, et par conséquent la position et les dimensions des objets que l'on doit représenter suivant la projection de leurs contours. De plus, ne voyant les formes de ces objets que par leurs contours apparents, et cette apparence variant selon les différentes positions dans lesquelles se place l'observateur, il peut arriver que le même terrain, reconnu et dessiné avec le même soin par plusieurs topographes également habiles, leur donne des résultats dissemblables dont ils ne peuvent se rendre compte, s'ils n'ont pas réfléchi qu'ayant observé dans des positions différentes, nécessairement les résultats devaient varier, et par conséquent les figures ainsi imitées ne pouvaient se ressembler.

Pour parvenir à produire sur la carte des figures semblables à celles de leur projection, les topographes ha-

biles possèdent des méthodes qu'il faut connaître, pour éviter surtout cette grave erreur, la pire de toutes en topographie, qui consiste à croire que l'on peut parvenir à juger les distances à la simple vue, et qui n'établit aucune différence entre les formes apparentes et les formes réelles des objets que l'on a à décrire. Ces méthodes feront comprendre la possibilité de former l'œil à juger les formes véritables, d'après l'observation de leur apparence, avec assez d'exactitude au moins pour en donner par le dessin une idée suffisamment exacte, relativement au but que l'on se propose dans l'emploi d'un tel travail, qui est, comme on le sait, de la plus haute importance pour les opérations de la guerre, qu'on ne saurait appliquer immédiatement au terrain sans cette extension donnée aux connaissances topographiques, que doivent nécessairement posséder les militaires de toutes les armes, et qui consistent d'abord dans le coup d'œil du terrain, qui sert de base à l'étude de la manœuvre des troupes. Ces deux études réunies, faites simultanément, conduisent ensuite à ce que l'on entend par le coup d'œil militaire, ainsi qu'aux applications des éléments de la tactique, pour de manœuvrier devenir tacticien, et pouvoir enfin exécuter les reconnaissances militaires, qui, à cause de leur importance et de l'étendue des connaissances qu'elles exigent, ne peuvent être que l'œuvre de militaires consommés dans l'art des levers topographiques et dans celui des applications de la tactique au terrain.

Cette dernière application de la topographie du troisième ordre à la description du terrain est donc toute

militaire ; elle est particulièrement celle des officiers de toutes les armes, et, d'après notre conviction, nécessaire à tous. Il nous semble que la topographie du même ordre, dont l'objet est le lever du terrain, doit être celle des topographes qui composent les bureaux topographiques de l'armée, et que nous supposons chargés d'exécuter par les moyens les plus expéditifs les levers d'ensemble du terrain qu'occupe l'armée, et d'autres levers particuliers, tels que ceux des positions à fortifier, des forts, des places de guerre, des routes, du cours des fleuves, des rivières, etc., pour être consultés par les chefs des corps et de l'administration de l'armée.

Les officiers d'état-major, ceux du génie militaire et de l'artillerie, ainsi que les officiers de toutes les armes, s'occupent, chacun dans leur spécialité, en présence de l'ennemi, des dessins de reconnaissances, pour éclairer les chefs au sujet de la position actuelle des troupes, et touchant la nature du terrain sur lequel elles manœuvrent, et de celui sur lequel elles devront manœuvrer. Ces divers travaux de reconnaissances sont adressés au chef du cabinet topographique, qui les coordonne, les rectifie, et les tient à la disposition du général en chef et des différents chefs de l'armée qui pourraient avoir besoin de les consulter.

L'étude de la topographie militaire n'a pas seulement pour objet de rendre capable d'exécuter les dessins d'imitation de la reconnaissance du terrain ; elle est, de plus, un moyen très-fécond en heureux résultats pour étudier en temps de paix sur le terrain même toutes les opérations d'action qui se font à la guerre, en présence

de l'ennemi ; ce que l'on n'apprend que très-péniblement, et par des expériences souvent funestes à la troupe ainsi qu'aux officiers qui la commandent.

Si ce fait, que, dans notre conviction, nous tenons pour incontestable, est admis par l'autorité militaire, comme il l'est par les officiers qui ont fait la guerre, et qu'il soit bien compris par les jeunes officiers, on devra nécessairement le prendre en considération, l'examiner attentivement, et l'on sera probablement bientôt convaincu de la nécessité d'ajouter aux connaissances des militaires qui ne sortent pas des écoles, celle de l'art de reconnaître le terrain, avant de leur confier le commandement des troupes devant l'ennemi.

Nous supposons aussi que les officiers sortis des écoles n'ont pas reçu sur ce sujet toute l'instruction nécessaire pour leur donner immédiatement un tel commandement. On dira sans doute que les professeurs chargés d'enseigner l'art militaire expliquent avec toute la clarté convenable pour être compris, que l'art de reconnaître le terrain consiste dans le coup d'œil militaire, qui fait juger de prime abord le nombre de troupes qu'il peut contenir, et distinguer ensuite ses formes et ses accidents, et ce qu'il offre d'avantageux pour faire manœuvrer ces troupes et les disposer le plus favorablement pour la défense et pour l'attaque : voilà la théorie ; puis on ajoutera que, pour la pratique, les élèves sont exercés à des levers militaires du troisième ordre ainsi qu'à des reconnaissances, et l'instruction des officiers est alors regardée comme complète.

Si nous étions, comme au temps où nous avons com-

mencé à rédiger notre cours, chargé de l'enseignement de la topographie dans une école militaire, nous aurions bien quelques observations à faire sur les moyens employés pour compléter ainsi l'instruction topographique de ces officiers, moyens qui sont peut-être encore susceptibles d'améliorations. Mais ne remplissant plus ces fonctions, nous croyons devoir nous abstenir de toute espèce d'observations sur ce sujet, et nous arrêter, pour ce qui a rapport aux écoles, au cours que nous avons professé, lequel est suffisamment expliqué dans les cahiers de nos Essais, et que nous aurions probablement perfectionné, comme a dû le faire notre successeur; perfectionnement que nous connaîtrons, lorsqu'il devra concourir avec les professeurs des autres écoles à la formation de la doctrine d'un enseignement uniforme qui pourra être donné dans toutes les écoles.

En attendant que ce travail ait produit les résultats que l'on peut en espérer, qu'il nous soit permis de continuer les études et les expériences qui devront perfectionner et étendre notre mode d'enseignement, comme nous pensions le faire en continuant à remplir les fonctions de professeur, non plus maintenant pour les élèves des écoles militaires, mais pour les officiers de l'armée pris parmi les sous-officiers, qui n'ont pas, comme les premiers, reçu toute l'instruction qui leur est nécessaire, et à qui jusqu'à présent on n'a fourni aucun moyen de l'acquérir, mais qui pourront la compléter par notre mode d'enseignement, lorsqu'il aura reçu l'extension que nous nous proposons de lui donner. Alors il servira aussi probablement à perfectionner les connaissances

pratiques des officiers sortis des écoles ; connaissances que nous croyons être insuffisantes pour qu'ils puissent entreprendre simultanément l'étude du terrain par les opérations topographiques, et celle des éléments de la tactique appliqués à ce même terrain, afin de parvenir, à l'aide de ces moyens, à acquérir la capacité nécessaire pour exécuter une reconnaissance militaire avec l'exactitude et la promptitude qu'exige la grande importance de ce travail. Les officiers auront alors acquis le coup d'œil militaire, qui fait juger de prime abord l'étendue et la nature du terrain sur lequel ils devront faire manœuvrer la troupe en présence de l'ennemi, ce qui sera le résultat définitif et le plus important des études de la topographie militaire et des éléments de la tactique, et c'est seulement alors que l'instruction topographique de ces officiers sera complète.

Comme on devra être bien convaincu que, faute du coup d'œil militaire, aucune des opérations d'action de la guerre n'est possible, et que le coup d'œil du terrain étant le résultat d'une longue expérience dans l'art de le décrire, on ne pourra plus contester la nécessité d'enseigner les éléments de cet art et leurs applications à tous les genres de topographie, qui, par les exercices faits pour en acquérir la pratique, doivent conduire progressivement à celle des levers militaires, et enfin au coup d'œil du terrain, on comprendra alors la nécessité de donner cette instruction dans les écoles des régiments, où elle sera, pour les officiers, d'une importance égale à celle que l'on attribue aux exercices sur les éléments des manœuvres de la troupe, dont les ap-

plications à la tactique se font en même temps que celles de l'art des levers.

Ainsi que nous l'avons déjà dit, c'est pour enseigner à tous les officiers qui ne sortent pas des écoles les éléments de la pratique de l'art des levers topographiques, que nous disons être indispensables pour l'étude de la tactique, que nous proposons avec quelque confiance notre cours d'Essais, parce qu'il est, dans toutes ses parties, le résultat d'une suite d'expériences pratiques qui ont pu le rendre déjà assez complet pour que les officiers qui l'auront suivi, puissent en faire l'application à l'étude de la tactique. On remarquera en outre que l'enseignement de ce cours offre de la facilité au professeur et de l'attrait aux élèves, et que ses résultats sont tels que les élèves, après avoir suivi ses instructions, peuvent immédiatement les donner eux-mêmes à d'autres ; de sorte que si le professeur, par exemple, instruit douze élèves, ceux-ci, devenus professeurs à leur tour, en instruiront chacun en particulier douze autres, et bientôt tous les officiers d'un corps auront acquis les connaissances topographiques qui les mettront à même d'entreprendre les exercices pratiques de leur application à tous les genres de levers, et ensuite d'appliquer simultanément cette pratique et celle des éléments de la tactique, pour devenir tacticiens.

La pratique des levers, telle que nous la concevons pour les différents genres de topographie, est progressive, c'est-à-dire que la pratique acquise pour les levers du premier ordre facilite celle des levers du deuxième, comme celle-ci facilite la pratique des levers du troi-

sième ; passant ainsi, pour arriver à la pratique la plus étendue et la plus difficile, successivement de la première, qui est la plus facile, à la deuxième qui l'est moins, et ensuite à la troisième. On concevra aisément qu'en procédant de cette manière, on arrivera avec plus de facilité et de promptitude, et bien plus sûrement, à cette dernière pratique, que si on voulait l'acquérir directement par les exercices du lever topographique du troisième ordre, sans passer par ceux des levers plus élémentaires du premier et du deuxième, qui sont les premiers pas à faire pour parcourir la très-grande distance à laquelle, après avoir acquis ces pratiques élémentaires, on se trouve encore de celle du coup d'œil du terrain, qui rend capable d'exécuter une reconnaissance militaire, ce que l'on ne peut apprendre que par une suite d'opérations d'après les trois ordres de levers. Alors étant parvenu à une exécution facile et prompte des levers, on pourra continuer cette étude simultanément avec celle des opérations de la tactique, but que se propose le militaire dans les applications de l'art de décrire le terrain.

EXERCICES SUR L'APPLICATION DES ÉLÉMENTS DE LA PRATIQUE DES LEVERS ET DU NIVELLEMENT A L'EXÉCUTION DES TOPOGRAPHIES DE TOUS LES ORDRES.

Si l'on admet que les éléments de la pratique des levers et du nivellement qui font le sujet de notre cours, sont complets, comme nous avons eu l'intention de le faire, ce cours devra donner tous les moyens d'exécu-

tion qu'il importe de connaître pour les différents genres de topographie ; il ne s'agira plus alors que d'acquérir l'habitude d'appliquer ces éléments avec toute la facilité et la promptitude qu'exigent ces divers genres, par des exercices répétés sur chacun d'eux, lesquels devront conduire dans le moins de temps possible au but que l'on se propose. Pour qu'il en soit ainsi, les exercices doivent être coordonnés de manière à passer sans effort, sans retour en arrière, de la plus facile de ces applications à celle qui sera plus difficile ; de sorte qu'avec les connaissances acquises par les premiers exercices, ceux qui suivent sont aussi faciles que les précédents. On arrive ainsi à la dernière de ces applications sans avoir éprouvé plus de difficulté pour les unes que pour les autres.

Les premières applications des éléments de la pratique des levers et du nivellement se rapportent sans modifications à la topographie du premier ordre. Les moyens d'exécution pour ce genre de topographie étant connus, il ne s'agira plus que d'en faire l'application sur un terrain assez varié, et de l'étendue d'un des grands polygones du canevas, inscrit, par exemple, dans un carré de 1000 mètres de côté, sur lequel on opérera lentement, en suivant les méthodes et les procédés techniques enseignés. Ce lever achevé, on le recommence en opérant plus promptement, et l'on acquiert ainsi assez de pratique pour entreprendre les levers du deuxième ordre.

Les levers du deuxième ordre s'exécutent avec la boussole pour la mesure des angles. Les lignes polygo-

nales du canevas se mesurent avec la chaîne, ainsi que les distances des pieds des perpendiculaires pris sur ces lignes, pour déterminer les points qui fixent la position du contour des détails du terrain. Les perpendiculaires sont jugées à vue, et leur longueur est mesurée au pas. Le lever et le nivellement du canevas s'exécutent et s'enregistrent comme ceux du premier ordre, mais en même temps que le lever et le nivellement des détails. Le canevas et les détails se construisent immédiatement sur la carte et sur le terrain, ce qui exige l'expérience acquise par les exercices des levers du premier ordre, au moyen de laquelle ceux des levers du deuxième n'offrent plus de difficulté.

Il est donc nécessaire de s'exercer d'abord à la pratique des levers du premier ordre avant d'entreprendre l'étude de celle des levers du deuxième, comme il a fallu, pour celui-ci, connaître complètement les éléments de la pratique de tous les genres de levers qui font le sujet de notre cours.

Les levers du deuxième ordre, devenus possibles, se répètent deux fois en les construisant d'après l'échelle de $\frac{1}{5,000}$, la plus grande de celles que l'on emploie pour ce genre de lever; ils s'exécutent une fois d'après l'échelle de $\frac{1}{10,000}$, et enfin une fois d'après celle de $\frac{1}{20,000}$, qui est la plus réduite de celles que l'usage a fait adopter pour la topographie du deuxième ordre. Ces différents levers donneront alors une pratique suffisante pour que l'on puisse s'exercer aux levers du troisième ordre.

Les exercices sur la pratique des levers du troisième ordre ne diffèrent de ceux du deuxième qu'en ce que

ces levers s'exécutent par des procédés pratiques et avec des instruments plus simples et plus expéditifs ; mais ils sont plus difficiles, et ne deviennent praticables qu'au moyen de l'expérience acquise par les exercices sur les levers du premier et du deuxième ordre.

Les levers du troisième ordre, qui sont ceux des militaires, exigent toute l'habileté d'un topographe consommé dans son art, et étendue bien au-delà, puisqu'il faut qu'elle conduise à la possibilité d'exécuter, à la simple vue du terrain, et sans le secours des instruments, le tracé sur la carte de ses formes et de ses détails, et par conséquent d'en juger au premier coup d'œil l'étendue, les formes et les détails, et comme militaire ; ce qu'il présente d'avantageux pour les opérations de la guerre. Ce talent, que nous désignons sous le nom de coup d'œil militaire, ne peut être que le résultat des études topographiques et de la tactique, ainsi que d'une grande pratique obtenue par de nombreux levers et des applications des éléments de la tactique au terrain. Si ces études du terrain et de la tactique ne pouvaient se faire qu'après avoir acquis assez d'expérience pour juger le terrain à la simple vue, on serait trop long-temps avant de pouvoir s'en occuper, et pour rapprocher le temps de cette étude, on supplée au coup d'œil du terrain par des levers qu'on a l'habitude d'exécuter avec la plus grande rapidité. Nous allons essayer d'expliquer par quels exercices on acquiert cette habitude.

Les levers que nous avons faits avec la boussole et la chaîne pour les topographies du deuxième ordre, se font également avec la boussole pour les premiers exercices

des levers de la topographie du troisième ordre ; mais les lignes polygonales du canevas et celles des détails se mesurent au pas. Ce lever, qui est toujours celui du même terrain, se répète deux ou trois fois, jusqu'à ce que l'on soit parvenu à exécuter le mesurage au pas avec assez d'exactitude.

On lève le même terrain en remplaçant, pour la mesure des angles, la boussole par un autre instrument, composé de deux règles ou alidades réunies à leurs extrémités, comme celui que nous avons décrit page 70 (pl. IV, fig. 3). Le lever exécuté avec cet instrument est déjà plus prompt que celui qui se fait avec la boussole.

Pour arriver à toute la rapidité possible dans l'exécution, on s'exerce ensuite à lever le même terrain avec une petite planchette très-légère, que les artistes mécaniciens de l'école d'artillerie et du génie ont tellement perfectionnée, qu'au moyen de cet instrument, on peut opérer aussi exactement qu'avec la grande planchette, et l'habitude de son usage donne une promptitude qu'il serait impossible d'atteindre avec aucun des instruments imaginés jusqu'à présent pour ce genre de lever. On fait encore avec cette planchette le lever du même terrain, et on le répète trois ou quatre fois, pour terminer les exercices sur la pratique des levers topographiques du troisième ordre. Cet instrument est le seul dont on se serve ensuite pour décrire le terrain auquel on doit appliquer les éléments de la tactique par des études successives, qui devront nécessairement rendre les officiers tacticiens, et capables de faire le moins péniblement possible l'application de cet art en présence de l'ennemi.

Ces dernières études, qui sont purement militaires, ne sont plus du domaine du professeur de topographie. Là finit sa tâche pour les levers militaires, comme les deux parties de notre cours et les exercices que nous venons d'expliquer terminent l'instruction du topographe proprement dit, spécialement chargé des levers du premier ordre, qui servent à l'étude des projets de constructions de tous genres dont l'exécution doit être dirigée par les architectes, les ingénieurs civils, ceux des ponts et chaussées et les ingénieurs militaires considérés comme constructeurs. Cette instruction est également complète pour les géomètres du cadastre et des eaux et forêts, et enfin pour les levers du deuxième ordre, qui sont exécutés par les topographes chargés de levers d'une grande étendue, comme d'un pays, ou seulement de ses frontières. C'est pour ce genre de lever, en temps de paix, et pour remplir les mêmes fonctions à la suite des armées, en temps de guerre, que l'on avait créé le corps des ingénieurs-géographes, qui maintenant sont remplacés par les officiers d'état-major.

Les topographies du premier et du deuxième ordre, pour être appliquées aux différents services, doivent nécessairement être confiées à des hommes spéciaux, que les architectes et les ingénieurs civils prennent parmi leurs commis, les ingénieurs des ponts et chaussées parmi les conducteurs de leurs travaux, les ingénieurs militaires parmi les gardes des fortifications; l'administration des contributions et celle des eaux et forêts ont leurs géomètres particuliers.

Quoique les architectes et les ingénieurs n'aient pas le temps d'exécuter les levers qui doivent servir à l'étude de leurs projets, ils ne sont pas pour cela dispensés d'en étudier les éléments, parce que souvent ils sont obligés d'en faire l'application pour des levers de détails de peu d'étendue, et afin de pouvoir organiser les travaux topographiques qu'ils seront chargés de diriger.

Qu'il s'agisse, par exemple, d'exécuter des travaux qui réclament le concours d'un nombre plus ou moins considérable de topographes, et par une bonne distribution du temps et le choix des meilleurs moyens d'exécution, d'obtenir dans le moins de temps et avec la moindre dépense possible, des résultats qui satisfassent aux conditions que peut imposer l'emploi de ces mêmes résultats. Cette organisation du travail exige une expérience assez difficile à acquérir, et qui demande trop de temps pour que l'on ne sente pas la nécessité de consulter ceux qui la possèdent, et de les engager à expliquer dans les plus grands détails, et par écrit, les procédés qu'elle leur a suggérés pour diriger les travaux topographiques dont l'exécution leur a été confiée. Ces explications, qui seront très-utiles aux chefs chargés de la direction de semblables travaux, et qui n'en ont pas encore l'habitude, conduiront nécessairement à un mode de direction uniforme, favorable à la bonne et prompte exécution de ces travaux, et par conséquent aux intérêts des services pour lesquels leur concours est nécessaire.

FIN DU DEUXIÈME VOLUME.



TABLE DES MATIÈRES.

CINQUIÈME CAHIER.

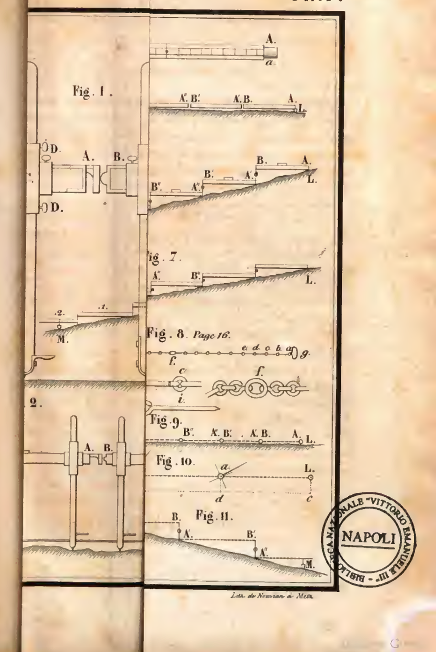
SIXIÈME CAHIER.

Pages.

SEPTIÈME CAHIER.

FIN DE LA TABLE.

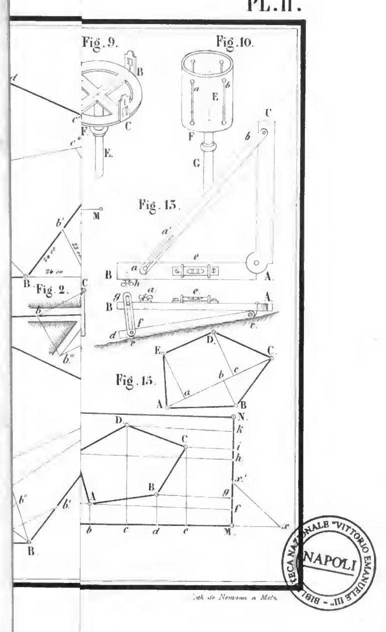
PL. I.



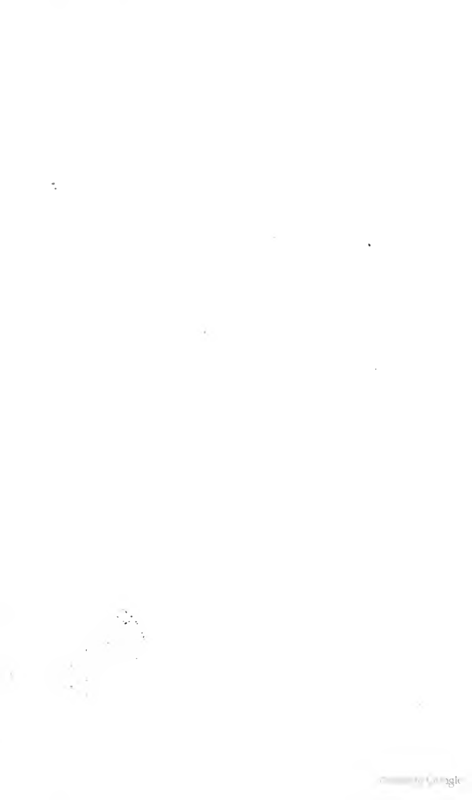
Lith. de Nouvian à Metz



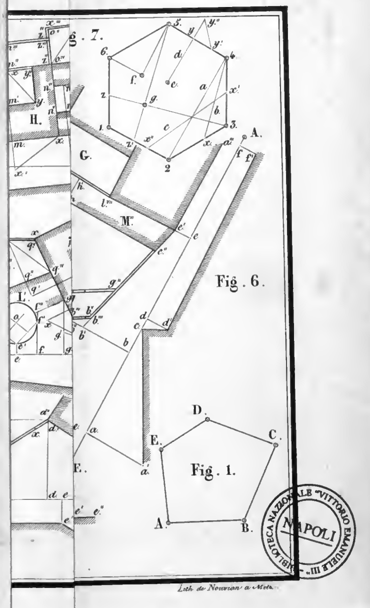
PL.II.



Lith. de Nouvian à Metz.



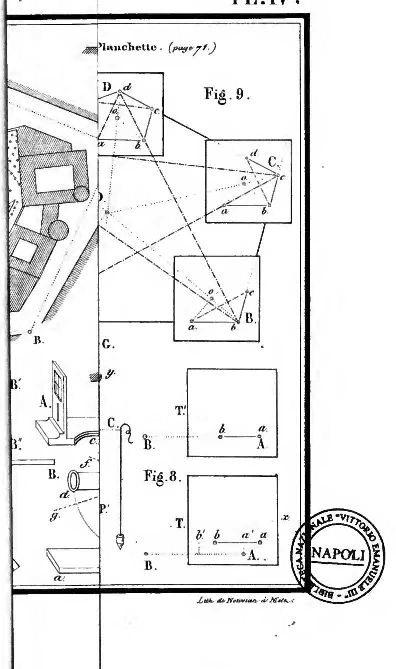
PL. III.



Lith. de Nouvian à Metz.

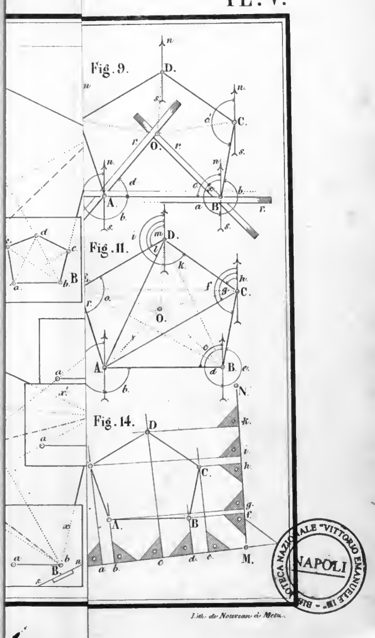


PL. IV.

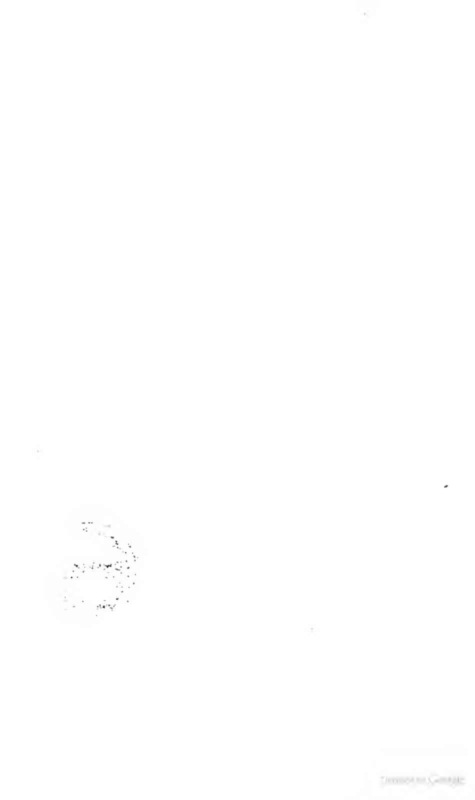


Lith. de Nouvian à Metz.

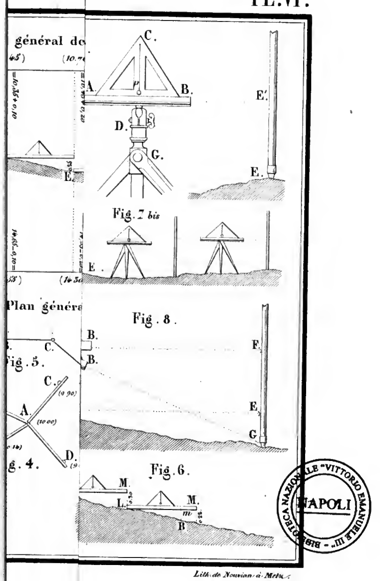
PL. V.



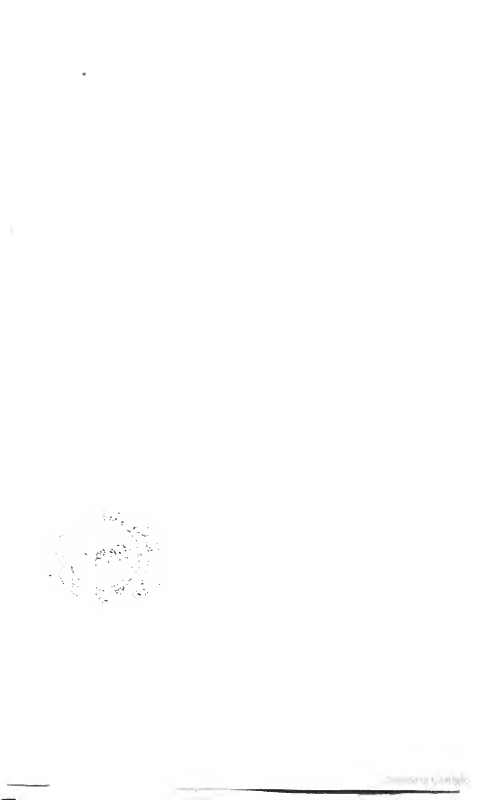
Lith. de Nouvian à Metz.



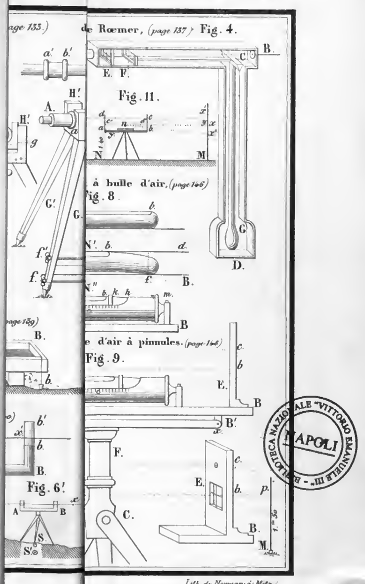
PL.VI.



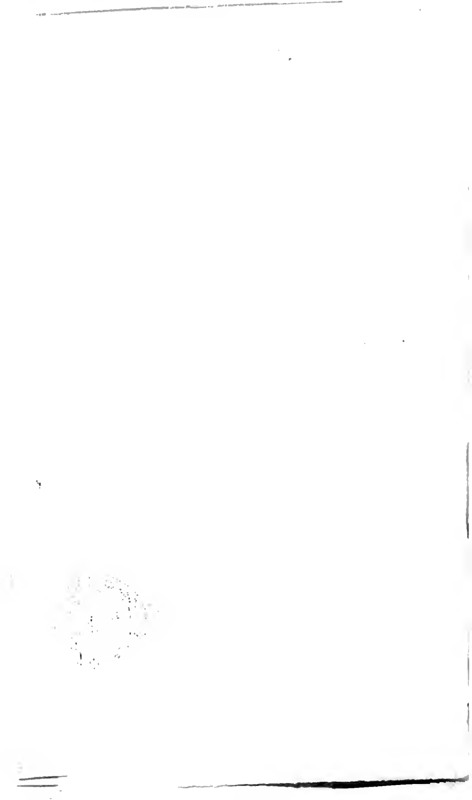
Lith. de Nouvian à Metz.



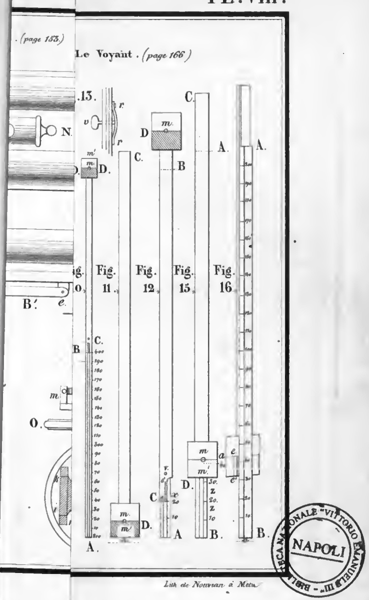
PL. VII.



Lith. de Nouvian à Metz

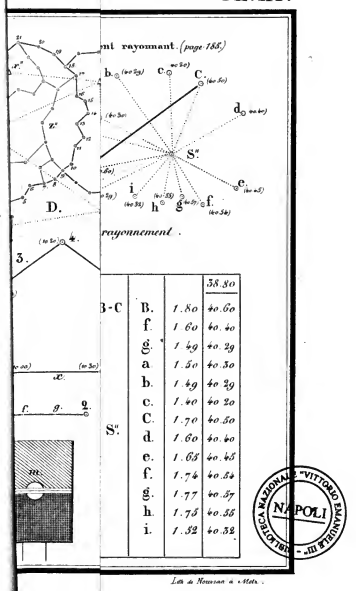


PL. VIII.

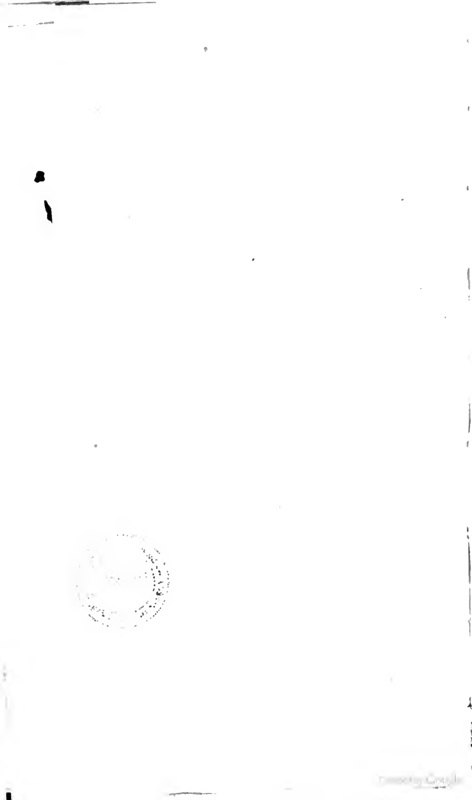


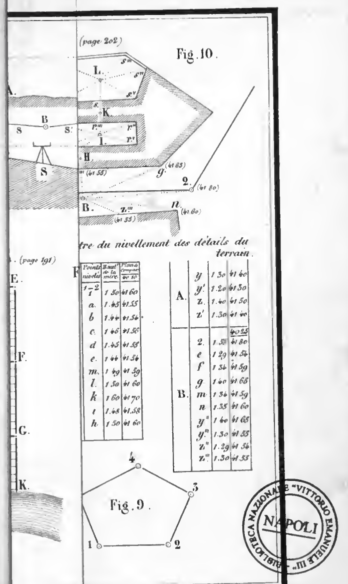
Lith. de Nouvian à Metz.

PL. IX.



Lith. de Nouvian à Metz.



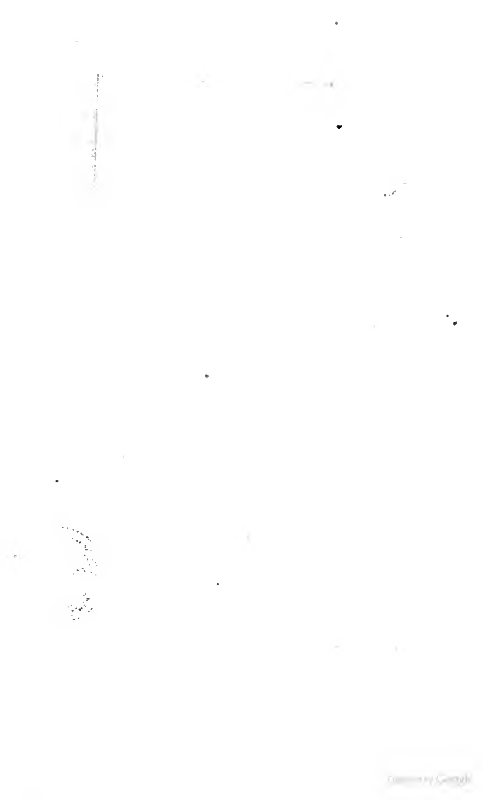


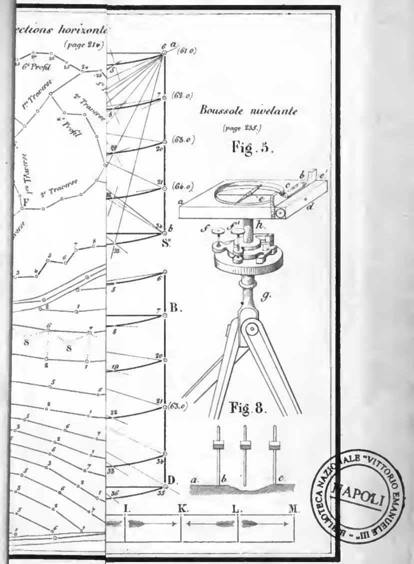
...tre du nivellement des détails du terrain.

Points nivelés	Haut^r de la mire.	Plan de compar^n 40' 10
1–2 / 1	1 50	41 60
a.	1.45	41.55
b	1.44	41.54
c.	1 46	41.56
d	1.45	41 55
e.	1 44	41 54
m.	1 49	41 59
l.	1 50	41 60
k	1 60	41 70
i	1.48	41.58
h	1 50	41 60

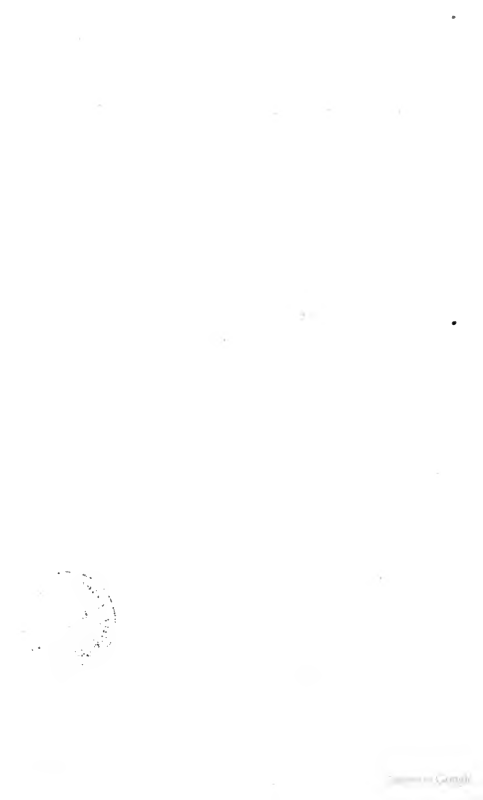
A.	y	1 30	41 40
	y'	1.20	41 30
	z.	1.40	41 50
	z'	1.30	41 40
B.			40 25
	2.	1 55	41 80
	e	1 29	41 54
	f	1 34	41 59
	g	1 40	41 68
	m	1 34	41 59
	n	1.35	41 60
	y''	1 40	41 65
	y'''	1.30	41 55
	z''	1.29	41 54
	z'''	1.30	41 55

Lith. de Nouvian à Metz.





Lith. Nouvian à Metz.



PL. XII.

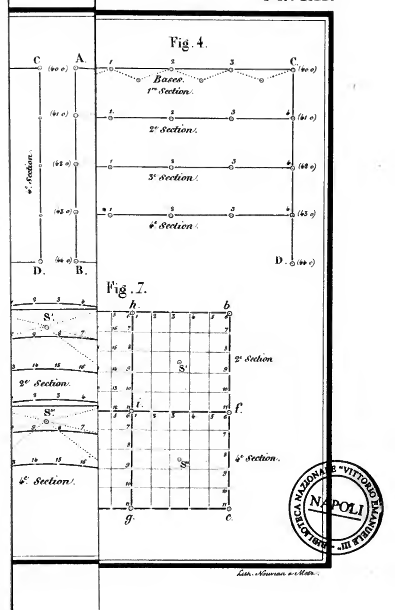


Fig. 4.
C
A.
C.
(40 o)
Bases.
1re Section.
(41 o)
2e Section.
(42 o)
3e Section.
(43 o)
4e Section.
4e Section.
(44 o)
D.
B.
D.
Fig. 7.
h.
b
S'.
S'
2e Section
2e Section.
i.
f.
S''
S''
4e Section.
4e Section.
g.
c.
Lith. Nouvian a Metz.







